

**PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS
AMBIENTALES (TEMPERATURA,
CHOQUE TERMICO, BAJA PRESION
Y VIBRACION) PARA COMPONENTES
AERONAUTICOS CLASE II y III BAJO
LA NORMA MIL-STD-810G**

Nicolas Vargas Lesmez

LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Fundación Universitaria Los Libertadores

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Aeronáutica

Bogotá D.C, Colombia

**PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS
AMBIENTALES (TEMPERATURA,
CHOQUE TERMICO, BAJA PRESION
Y VIBRACION) PARA COMPONENTES
AERONAUTICOS CLASE II y III BAJO
LA NORMA MIL-STD-810G**

Presentado por

Nicolas Vargas Lesmez

En cumplimiento parcial de los requerimientos para optar por el
título de

INGENIERO AERONÁUTICO

Dirigido por

Mauricio López Gómez

Presentada a

Programa de Ingeniería Aeronáutica
Fundación Universitaria Los Libertadores
Bogotá D.C., Colombia

Notas de aceptación



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá DC, Marzo de 2019.



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Las directivas de la Fundación Universitaria Los Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores y a los resultados de su trabajo.

DEDICATORIA

Dedico de manera especial este documento a mis padres, hermana, y familia ellos han sido mi pilar fundamental para la construcción de mi vida profesional, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, pues sus grandes virtudes y gran corazón me enseñan a ser cada día mejor.

Gracias a Dios por iluminar mi sendero y guiarme por el buen camino

NICOLAS VARGAS LESMEZ



LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

La Fuerza Aérea Colombiana (FAC) como Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, junto al Comando Aéreo de Mantenimiento (CAMAN), quienes facilitaron el Desarrollo del proyecto.

La Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD) por la oportunidad de realizar la pasantía organizacional como opción de grado, y a todo el equipo de especialistas de certificación, quienes aportaron con capacitaciones y orientaciones el desarrollo del proyecto

Capitán Mauricio López Gómez, Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana, quien fue el tutor del proyecto, instruyendo con su conocimiento para el oportuno desarrollo del proyecto

Capitán Carlos Arturo Hernández Ramírez, Oficial de la Fuerza Aérea Colombiana, quien con su conocimiento en ingeniería Aeronáutica asesoro y aclaro dudas para el desarrollo del proyecto

Los docentes del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Fundación Universitaria Los Libertadores, por formar a los Ingenieros Aeronáuticos que aportan al desarrollo aeronáutico colombiano.

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	18
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3.	OBEJETIVOS.....	20
3.1.	General.....	20
3.2.	Específicos	20
4.	JUSTIFICACION	21
5.	MARCO REFERENCIAL	22
5.1.	Military Standard 810: Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests	22
5.2.	RTCA/DO-160: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Electronic / Electrical Equipment and Instruments	22
5.3.	Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (UEAC)	22
5.4.	SECAD	23
5.5.	ESLAE	23
6.	METODOLOGIA APLICADA.....	19
7.	ESTADO DEL ARTE.....	20
7.1.	AECTP 300 – ENVIRONMENTAL TEST	22
7.1.1.	HIGH TEMPERATURE – (ALTA TEMPERATURA)	23
7.1.2.	LOW TEMPERATURE – (BAJA TEMPERATURA)	23
7.1.3.	THERMAL SHOCK – (CHOQUE TERMICO).....	23
7.1.4.	SOLAR RADIATION – (RADIACION SOLAR)	24
7.1.5.	HIGH HUMIDITY – (ALTA HUMEDAD).....	24
7.1.6.	IMMERSION – (INMERSION)	24
7.1.7.	MOULD GROWTH – (CRECIMIENTO DE MOHO)	24
7.1.8.	SALT FOG – (NIEBLA SALINA)	24
7.1.9.	RAIN AND WATERTIGHTNESS (LLUVIA Y HERMETICIDAD) ..	24
7.1.10.	ICING – (HIELO)	24
7.1.11.	LOW PRESSURE (ALTITUDE) – (BAJA PRESION).....	25
7.1.12.	SAND AND DUST – (ARENA Y POLVO).....	25
7.1.13.	CONTAMINATION BY FLUIDS – (CONTAMINACION DE FLUIDOS)	25

7.1.14.FREEZE/THAW – (CONGELAR).....	25
7.1.15.EXPLOSIVE ATMOSPHERE – (ATMOSFERA EXPLOSIVA)	25
7.1.16.TEMPERATURE, HUMEDITY, ALTITUDE – (TEMPERATURA, HUMEDAD, ALTITUD)	25
7.1.17.ACIDIC ATMOSPHERE – (ATMOSFERA ACIDA)	26
7.2. MIL-STD-810G ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TEST	26
7.2.1. LOW PRESSURE (ALTITUDE) – (BAJA PRESION (ALTITUD). ..	28
7.2.2. HIGH TEMPERATURE – (ALTA TEMPERATURA)	28
7.2.3. LOW TEMPERATURE – (BAJA TEMPERATURA)	28
7.2.4. TEMPERATURE SHOCK – (CHOQUE TERMICO)	28
7.2.5. CONTAMINATION BY FLUIDS – (CONTAMINACION DE FLUIDOS)	28
7.2.6. SOLAR RADIATION-SUNSHINE – (RADIACION SOLAR).....	29
7.2.7. RAIN – (LLUVIA)	29
7.2.8. HUMEDITY – (HUMEDAD)	29
7.2.9. FUNGUS – (HONGO)	29
7.2.10.SALT FOG – (NIEBLA SALINA)	29
7.2.11.ARENA Y POLVO – (SAND AND DUST).....	30
7.2.12.ATMOSFERA EXPLOSIVA – (EXPLOSIVE ATMOSPHERE)	30
7.2.13.INMERSION – (IMMERSION)	30
7.2.14.ACELERACION – (ACCELERATION).....	30
7.2.15.VIBRACION – (VIBRATION).....	30
7.2.16.RUIDO ACUSTICO – (ACOUSTIC NOISE)	31
7.2.17.CHOQUE – (SHOCK)	31
7.2.18.PYROSHOCK – (PYROSHOCK).....	31
7.2.19.AMBIENTE ACIDO – (ACIDIC ATMOSPHERE).....	31
7.2.20.CHOQUE DE DISPAROS – (GUNFIRE SHOCK)	31
7.2.21.TEMPERATURA, HUMEDAD, ALTITUD Y VIBRACIONES – (TEMPERATURE, HUMEDITY, VIBRATION AND ALTITUDE)... ..	31
7.2.22.FORMACION DE HIELO/LLUVIA HELADA – (ICING/FREEZING RAIN)	32
7.2.23.CHOQUE BALISTICO – (BALLISTIC SHOCK).....	32
7.2.24.VIBRO-ACUSTICA / TEMPERATURA – (VIBRO ACOUSTIC/TEMPERATURE)	32
7.2.25.CONGELACION-DESCONGELACION – (FREEZE-THAW).....	33
7.2.26.TIEMPO DE FORMA DE ONDA DE REPLICACION – (TIME WAVEFORM REPLICATION).....	33

7.2.27.IMPACTO FERROVARIO – (RAIL IMPACT)	33
7.2.28.MULTI – PRUEBAS DE EXICITACION – (MULTI-EXCITER TESTING)	33
7.3. RTCA/DO-160: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Electronic / Electrical Equipment and Instruments	33
-Temperatura: +/- 3 grados Celsius.....	35
-Altitud: +/- 5 porciento de la presión especificada	35
7.3.1. TEMPERATURA Y ALTITUD – (TEMPERATURE AND ALTITUDE)	36
7.3.2. VARIACION DE TEMPERATURA – (TEMPERATURE VARIATION)	37
7.3.3. HUMEDAD – (HUMEDITY).....	38
7.3.4. CHOQUES OPERACIONALES Y SEGURIDAD DE CHOQUE – (OPERATIONAL SHOCKS AND CRASH SAFETY).....	38
7.3.5. VIBRACION – (VIBRATION).....	38
7.3.6. ATMOSFERA EXPLOSIVA – (EXPLOSIVE ATMOSPHERE)	38
7.3.7. IMPERMEABILIDAD – (WATERPROOFNESS)	39
7.3.8. SUCEPTIBILIDAD DE FLUIDOS – (FLUIDS SUSCEPTIBILITY)	39
7.3.9. ARENA Y POLVO – (SAND AND DUST).....	39
7.3.10.RESISTENCIA A LOS HONGOS – (FUNGUS RESISTANCE) ...	39
7.3.11.NIEBLA SALINA – (SALT FOG)	39
7.3.12.ENTRADA DE ALIMENTACION – (POWER INPUT)	40
7.3.13.PICO DE VOLTAJE – (VOLTAGE SPIKE).....	40
7.3.14.SUSCEPTIBILIDAD A LA FRECUENCIA DE AUDIO – ENTRADAS DE ENERGIA – (AUDIO FREQUENCY CONDUCTED SUSCEPTIBILITY – POWER INPUTS)	40
7.3.15.FORMACION DE HIELO – (ICING).....	40
8. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO	41
8.1. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS	41
8.2. APLICACION.....	43
8.3. LIMITACION.....	43
8.4. ANALISIS DE SEGURIDAD	43
8.5. PROCEDIMIENTOS – (PASO A PASO).....	43
8.5.1. ALTA TEMPERATURA - ALMACENAMIENTO	43
8.5.2. ALTA TEMPERATURA - OPERACION.....	44
8.5.3. BAJA TEMPERATURA – ALMACENAMIENTO	45
8.5.4. BAJA TEMPERATURA - OPERACION.....	46

8.5.5.	CHOQUE TERMICO	46
8.5.6.	VIBRACION	48
8.5.7.	BAJA PRESION	48
8.6.	INSTRUMENTACION	49
8.7.	MEDICIONES E INSPECCIONES	49
8.8.	ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	49
9.	MATRIZ DE CERTIFICACION	50
10.	MEDIOS DE CUMPLIMIENTO	51
11.	PLAN DE ENSAYOS	52
11.1.	REQUERIMIENTO DE ENSAYO	52
12.	CONCLUSIONES.....	53
13.	BIBLIOGRAFIA.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	PAG
Tabla.1 Ensayos contenidos en la norma AECTP 300.....	25
Tabla.2 Ensayos contemplados en la norma MIL-STD-810G.....	30
Tabla.3 Clasificación de equipos.....	39
Tabla.4 Medios de Cumplimiento.....	54

INDICE DE IMAGENES

	PAG
Imagen 1. Parámetros de temperatura según la clasificación de equipos.....	40
Imagen.2 Parámetros de presión.....	40
Imagen.3 Sección Introductoria de los procedimientos.....	46
Imagen.4 Modelo de matriz de certificación.....	53

INDICE DE ANEXOS

	PAG
ANEXO.A: AREAS DE OCURRENCIA CLIMATICA CATEGORIA A1, A2 Y A3.....	57
ANEXO B: TABLAS DE CICLO RANGOS DE CICLO DE TEMPERATURA.....	58
ANEXO C: ALTA TEMPERATURA CATEGORIA A2.....	59
ANEXO D: ALTA TEMPERATURA CATEGORIA A1.....	60
ANEXO E: RESUMEN CICLOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACION SOLAR.....	61
ANEXO F: AREAS DE OCURRENCIA CLIMATICA CATEGORIA C1, C2 Y C3.....	62
ANEXO G: RESUMEN DE RANGOS Y CICLOS PARA BAJA TEMPERATURA.....	63
ANEXO H: ESQUEMA PRUEBA DE CHOQUE TERMICO.....	64

ABREVIATURAS Y TERMINOS

AECTP: ALLIED ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PUBLICATIOIS

AAAE: AUTORIDAD AERONÁUTICA DE AVIACIÓN DE ESTADO

ASTM: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL.

CPA: CERTIFICADO DE PRODUCCIÓN AERONÁUTICA

DoD: DEPARTAMENT OF DEFENSE

EASA: EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY

FAA: FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION

MIL-STD: MILITAR STANDARD

NATO: NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION

OACI (ICAO): ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL.
(INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION).

PDR: REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PRELIMINAR (PRELIMINARY
DESIGN REQUIREMENTS).

PRODUCTO CLASE I: AERONAVE, HELICE Y MOTOR

PRODUCTOS CLASE II: COMPONENTE PRINCIPAL CUYA FALLA PUEDE
AFECTAR LA SEGURIDAD “SAFETY”, DE UN PRODUCTO CLASE I

PRODUCTO CLASE III: COMPONENTES QUE NO ESTAN INCLUIDOS EN
LA CLASE I Y II. INCLUYE COMPONENTES ESTANDARIZADOS. EN
CERTIFICACION MILITAR SE INCLUYEN LOS SART

RCP: REQUERIMIENTOS DE CONFORMIDAD DE PRODUCCIÓN.

SECAD: SECCIÓN DE CERTIFICACIÓN AERONÁUTICA DE LA DEFENSA

SART: SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE TRIPULADA

TSO: TECHNICAL STANDARD ORDER (ORDEN TÉCNICA ESTÁNDAR).

UAEAC: UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE AERONÁUTICA CIVIL.

VRMS: VOLTAGE ROOT-MEAN-SQUARE

RESUMEN

Los ensayos ambientales (temperatura alta y baja, choque térmico, baja presión y vibración) permiten evaluar y determinar el comportamiento de un componente aeronáutico bajo diversas situaciones operacionales climáticas (calor, frío, lluvia y nieve). Actualmente existen varios estándares (MIL-STD, MIL-HAND, FAR, EMAR, MIL-PRF), emitidos por autoridades reconocidas (FAA, EASA, DoD), enfocados hacia el desarrollo de métodos que permitan analizar parámetros esenciales de un producto en distintos ámbitos climáticos. Actualmente la Fuerza Aérea Colombiana ejerciendo su papel como autoridad aeronáutica de estado y por medio de la Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), hace uso de estos estándares para calificar y certificar componentes aeronáuticos usados en las diferentes aeronaves que hacen parte de las fuerzas militares. Así mismo, con base a estos estándares el ESLAE (Escuadrón Laboratorio de Ensayos Estructurales), simplifica e implementa procedimientos que estandarizan la ejecución de los ensayos ambientales para componentes aeronáuticos clase II y clase III, teniendo en cuenta los ámbitos o escenarios a los cuales estará expuesta la aeronave y por ende los componentes. Del mismo modo es importante resaltar el hecho simular las condiciones ambientales a las cuales estará sometido el componente en su operación antes de ser instalado en la Aeronave, ya que esto servirá como fundamento para realizar un análisis de seguridad “safety”, de la cantidad de vida útil bajo exposición de condiciones ambientales extremas. Actualmente existen diferentes estándares que proporcionan un lineamiento para la ejecución de ensayos ambientales en componentes clase II y III, teniendo en cuenta el propósito y en qué tipo de aeronave será instalado, para ello, un ejemplo más objetivo es la RTCA-DO 160 “Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment”, el cual es un estándar para la ejecución y desarrollo de pruebas ambientales en equipos de aviónica usados en aviación civil y es emitido por la “Radio Technical Commission for Aeronautics” – RTCA por sus siglas en inglés, dicha organización desarrolla estándares para la comunicación, navegación y monitoreo para la gestión de tráfico aéreo. No obstante, la NATO (North Atlantic Treaty Organization), por medio de la STANAG 4730, emite la AECTP “Climatic Environmental Test”, el cual también es un estándar usado para prueba en componentes aeronáuticos para uso en aviación militar. Ahora bien, para efectos de la ejecución y desarrollo de los procedimientos que tendrán lugar en las pruebas realizadas por el ESLAE, y estarán plasmados debidamente en este documento, se toma como referencia principal la MIL-STD-810G “Environmental Engineering Considerations And Laboratory Tests”, emitido por el DoD “Department of Defense”. En donde se establecen parámetros generales de los ensayos

ambientales, con el fin de generar un estándar que sirva como desarrollo de evidencias para el cumplimiento de lo exigido por la autoridad aeronáutica en los procedimientos de certificación.

Palabras claves: Ensayos Ambientales, Alta Temperatura, entorno, Ambiente, Comportamiento, Equipos.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del plan de desarrollo e innovación de la Fuerza Aérea Colombiana y la transformación de lineamientos de enfoque tecnológico se direcciona hacia el desarrollo de industria aeronáutica en cuanto a fabricación de componentes aeronáuticos clase II y III, teniendo en cuenta Esto, con el fin de generar impulso a las empresas colombianas dedicadas a la fabricación de componentes aeronáuticos, y que a su vez requieren de ser certificados a fin de ser comercializados.

Con base a lo anterior, por medio de la Fuerza Aérea Colombiana y la Oficina de Certificación Aeronáutica de la Defensa - SECAD en su potestad como ente certificador, establece que los productos aeronáuticos deben cumplir con lineamientos y parámetros de eficiencia en diferentes situaciones de operación, establecidos por estándares reconocidos emitidos por autoridades aeronáuticas civiles mundiales, así como la FAA (Federal Aviation Administration) y la EASA (European Aviation Safety Agency). No obstante, cabe resaltar los principales estándares militares tales como MIL-STD, MIL-HDBK y MIL-SPEC, los cuales son emitidos por el DoD (Departamento de Defensa). Así mismo, las EMAR, emitidas por el EDA (European Defense Agency) y otros como las STANAG, que son desarrollados por la NATO (North Atlantic Treaty Organization)

Esta propuesta se presenta por medio de protocolos generales de ensayos que permitan el desarrollo de pruebas ambientales a fin de dar cumplimiento a los requisitos establecidos en las bases de calificación y certificación para cada producto militar clase II y III. Los protocolos se plantean de tal manera que permitan generalizar las pruebas ambientales dependiendo del tipo de producto que se pretenda ensayar, es decir si son componentes estructurales o electrónicos.

Con los protocolos de prueba, se pretende determinar la calificación del equipo o componente, es decir si está diseñado para el propósito y así mismo generar evidencia de que es aeronavegable o seguro en vuelo. Evaluando reacciones del componente de manera individual e integrándolo en la aeronave. Estos protocolos de ensayos ambientales hacen parte de un plan general de ensayos que se realiza al producto, teniendo en cuenta que estos, pueden ser realizados en paralelo con ensayos estructurales, según sea el caso.

Un principal instrumento o método en donde debe ir inmerso el protocolo de pruebas ambientales es el plan general de ensayos del componente, en donde, en este documento se describen todas las pruebas a desarrollar, junto con un paso a paso técnico y un resumen general de cada prueba con sus respectivas observaciones, en donde se indica lo esperado en cada prueba y lo finalmente obtenido. Del mismo modo, se debe realizar un debido reporte final por prueba en donde este documento es aceptado por la autoridad aeronáutica y este se encarga de establecer si el componente cumple o no con lo establecido en el estándar.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en Colombia la Industria Aeronáutica nacional ha tenido un incremento en el desarrollo y fabricación de componentes Aeronáuticos clase II y III, los cuales generan un vínculo no solo con la aviación civil si no también con la aviación de estado. Así mismo, el hecho de poder comercializar los componentes en el ámbito militar permite abrir una visión más amplia a la distribución en otros países a fin de generar un desarrollo Aeronáutico nacional en ámbitos internacionales

Con base al propósito de comercialización y desarrollo, los componentes deben tener un certificado de calificación, el cual avala que el componente cumple con el propósito para el cual fue diseñado y ofrece un nivel de seguridad en vuelo "Safety".

Teniendo en cuenta lo anterior, por parte de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) como Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAE), en su potestad como autoridad en Agosto del 2010 y por medio del SECAD (Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa), inicia el desarrollo de calificación de componentes clase II y III, con base a estándares internacionales, en donde estos proponen todo tipo pruebas en donde se vea afectada la integridad total de la aeronave en caso de fallo del componente y a su vez asumiendo el nivel de criticidad del mismo. Es decir, no solo se deben desarrollar pruebas ambientales si no también pruebas de integración y certificación del con la aeronave.

Por lo tanto, la FAC, a través del SECAD pretende desarrollar un laboratorio de ensayos ambientales, con el fin de abastecer dicho centro de los equipos y herramientas necesarias para la ejecución de los ensayos según el tipo de componente y la exigencia del estándar bajo el cual se califique el componente.

Por tal, la pregunta de investigación que imparte para este proyecto es ¿Se cuenta con los debidos procedimientos estandarizados para la ejecución y desarrollo de pruebas ambientales?

3. OBEJETIVOS

3.1. General

- Desarrollar una propuesta de procedimientos de ensayos ambientales para componentes Aeronáuticos clase II y III bajo el estándar MIL-STD-810G del Department of Defense (DoD), con base al tipo de componente y su nivel de criticidad

3.2. Específicos

- Realizar la selección de variables relevantes a analizar de acuerdo con la MIL-STD-810g
- Determinar los debidos pasos para el desarrollo de los procedimientos y protocolos de ensayo ambientales para componentes aeronáuticos clase II y III
- Establecer los parámetros y documentación necesaria para iniciar una campaña de ensayos ambientales – (requisitos del cliente)

4. JUSTIFICACION

Con base al gran desarrollo de productos aeronáuticos que ha tenido la Ingeniería Aeronáutica en Colombia, gracias al impulso de las agremiaciones, universidades y autoridades aeronáuticas en impulsar e incentivar el crecimiento de la industria aeronáutica en la obtención de nuevas capacidades tales como diseñar y fabricar componentes clase I, II y III, se ve la necesidad de ofrecer productos de calidad estandarizados, lo anterior a través del proyecto “procedimientos de ensayos ambientales para componentes aeronáuticos clase II y III bajo la norma MIL-STD-810g, el cual puede ser usado como evidencia que aporte al proceso de calificación de componentes clase II y III.

Para la obtención de los procedimientos y requisitos necesarios para la campaña de ensayos ambientales plasmados en este documento, se tomó como referencia otros estándares reconocidos de la FAA, y DoD, los cuales establecen lineamientos que brindan criterios y parámetros de medida para cada tipo de ensayo. El estandarizar de estos procedimientos, se basa en la respectiva estructuración de pruebas que aplican fabricantes reconocidos a nivel internacional, con el fin de que estos procesos tengan cobertura en referente a todos los criterios necesarios de aceptación por la autoridad aeronáutica de estado en el proceso de calificación de componentes.

Así mismo, el mejoramiento continuo en técnicas y métodos de ensayos permite una mayor certeza en la vida útil de un componente y por ende, una mejor perspectiva de la capacidad de seguridad en vuelo de dicho componente. Lo anterior, con el fin de permitir una amplia comercialización y expansión en los mercados internacionales de componentes aeronáuticos, generando un mayor crecimiento en ámbitos de diseño y fabricación.

5. MARCO REFERENCIAL

Con base en el desarrollo de la Industria Aeronáutica Colombiana y la Fuerza Aérea Colombiana en su potestad como Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado, y mediante la Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD) dependencia de la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas (JOL), la cual tiene como misión certificar productos aeronáuticos garantizando que sean funcionales y seguros en vuelo.

Un producto certificado garantiza seguridad en vuelo “Safety”, y calidad de producción. Así mismo, de manera bilateral proporciona medios de desarrollo de la industria nacional aeronáutica y permite que las empresas impulsen su producto no solo en el sector defensa, si no en el campo de aviación civil. Por tal la calificación y certificación de un producto aeronáutico debe ser exigente y preciso, con base a antecedentes y experiencia en la aviación mundial.

El desarrollo de productos aeronáuticos establece un crecimiento para la industria aeronáutica colombiana, debido a que los procesos de certificación generan fidelidad, ya que, al otorgar un certificado de tipo, o un certificado de calificación, se asegura que el diseño de un producto cumple con condiciones extremas de operación. Es decir, con el proceso de certificación de un componente, se establecería una alta probabilidad de comercialización de un producto aeronáutico, en cualquier ámbito operacional

5.1. Militar Standard 810: Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests

Es un estándar militar diseñado por el DoD (Department of Defense/por sus siglas en ingles), el cual se enfoca en la adaptación de los parámetros ambientales de un equipo y las condiciones limites que experimenta a lo largo de su vida útil.

5.2. RTCA/DO-160: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Electronic / Electrical Equipment and Instruments

Es un estándar que describe las diferentes pruebas ambientales que se deben realizar para hardware de aviónica. Es emitido por la RTCA (Radio Technical Commission fo Aeronautics), en donde contempla pruebas ambientales que permiten evaluar el rendimiento de componentes aeronáuticos en diferentes ámbitos operacionales.

5.3. Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil (UEAC)

Es una entidad adscrita al Ministerio de Transporte, trabaja para el desarrollo

ordenado de la aviación civil, busca mejorar los niveles de seguridad operacional del transporte aéreo, incrementar y mejorar la capacidad de los servicios de navegación aérea y aeroportuario, fomentar el desarrollo de la aviación civil¹

5.4. SECAD

La Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa instituida por la Fuerza Aérea Colombiana a través de la Jefatura de Operaciones Logísticas Aeronáuticas, conformado por integrantes de la Fuerza Aérea Colombiana, oficiales y suboficiales de la institución, especializados en áreas de ingeniería, mantenimiento, certificación y gestión de calidad entre otras, tiene como misión normalizar y certificar productos aeronáuticos, para el fomento y desarrollo de la industria aeronáutica a través de la integración de las capacidades de la Fuerza Aérea Colombiana y la Aeronáutica Civil, se proyecta como una entidad autónoma y reconocida a nivel internacional como ente certificador de productos aeroespaciales militares, con recurso humano calificado, la mejor infraestructura y la más alta tecnología en equipos de pruebas y ensayos.²

5.5. ESLAE

El Escuadrón Laboratorio Ensayos Aeronáuticos diseña y ensaya productos aeronáuticos conforme a las normas internacionalmente aceptadas, a fin de demostrar su condición de seguridad aeronáutica y aeronavegabilidad, realizando ensayos mecánicos y ambientales a los productos aeronáuticos que desarrolla la industria militar como civil que se someten a procesos de certificación ³

Los procedimientos de ensayos han sido desarrollados con base a las practicas ejecutadas en diferentes productos aeronáuticos que aplicaron a un certificado de calificación, emitido por la Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD).

¹ Aeronáutica Civil Unidad Administrativa Especial. Misión, Visión y Objetivos especiales [en línea], 01 de septiembre de 2016. Disponible en internet <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/mision>

² Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), Quienes Somos [en línea]. Disponible en internet <https://secad.fac.mil.co/quienes-somos>

³ Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), Centro de ensayos [en línea]. Disponible en internet <https://secad.fac.mil.co/centro-de-ensayos>

6. METODOLOGIA APLICADA

Para el presente documento se utilizó una metodología investigativa de campo, en donde se inició con un análisis de los estándares que permiten realizar ensayos ambientales, emitidos por autoridades aeronáuticas o entes reconocidos en los ámbitos civil y militar. Teniendo como estándar principal la MIL-STD-810 G, y a partir de este, generar los diferentes procedimientos que permite la correcta evaluación del componente en los diferentes ámbitos operacionales.

No obstante, para efectos de entender la aplicación de estos procedimientos, es necesario mencionar puntos esenciales para la obtención de un certificado de calificación (CCA). Inicialmente se establece un estándar reconocido que permita evaluar el componente en diferentes ámbitos de operación, con el fin de que la autoridad acepte y apruebe el diseño y funcionalidad del componente.

A partir de la asignación del estándar o norma, se realiza una matriz de certificación, en donde se seleccionan los requisitos aplicables a l componente. Así mismo, para cada requisito se asigna un método de cumplimiento de acuerdo con los métodos aprobados por la autoridad y se determina mediante un plan de ensayos, las pruebas que deben realizarse de acuerdo a las guías propuestas para generar la evidencia de cumplimiento para cada requisito.

Con base en la matriz de certificación, se crea un plan de ensayos en donde se establecen las limitaciones y equipos necesarios para el desarrollo de cada prueba. Del mismo modo, se deben generar los respectivos RFT “*Request For Test*” (*Requerimiento de ensayo*), para cada ensayo o prueba con su respectivo paso a paso técnico e informe de resultados.

El informe de resultados es aceptado por la autoridad y con base a lo descrito en cada requisito que se evalué, según sea el caso, establece si es aprobado o rechazada la evidencia.



Metodología aplicable⁴

⁴ Tomado de https://metodologiauev.blogspot.com/2016/06/proyecto-de-investigacion_27.html

7. ESTADO DEL ARTE

Los ensayos ambientales son una parte esencial para el desarrollo, evaluación y homologación de cualquier producto o material. Por tal en el sector aeronáutico existen diferentes estándares que permiten evaluar un producto aeronáutico según sea requerido, por su función o clasificación (estructurales o electrónicos).

La aplicación de ensayos ambientales, no solo aplican para la industria aeronáutica, también aplican en diferentes ramas, como lo es en la rama de la medicina. Los dispositivos médicos se regulan en los Estados Unidos por el Centro para dispositivos y salud radiológica (CDRH por sus siglas en ingles) de la FDA. El objetivo de la FDA/CDRH es promover y proteger la salud pública mediante la fabricación de dispositivos médicos seguros y eficaces disponibles en el momento oportuno.

Todos los dispositivos médicos son clasificados según su nivel de riesgo para el paciente mediante un sistema de 3 niveles (clase I, II o III)

Dispositivos Clase I (Bajo riesgo): Estos dispositivos están sujetos a controles generales, relacionadas con normas relativas al etiquetado, la manufactura, la vigilancia posterior a la comercialización, y la presentación de informes. Los dispositivos se colocan en la clase I cuando se tiene certeza que solo con los controles generales se puede garantizar la seguridad del paciente. Los controles generales que normalmente se aplican a los dispositivos de clase I incluyen prohibiciones contra la adulteración, requisitos para establecer el registro y el dispositivo de perfil.

Dispositivo Clase II (Riesgo medio): Son aquellos dispositivos que tienen un mayor riesgo y para los cuales los controles generales resultan ser insuficientes para proporcionar seguridad razonable, pero para los cuales existe información pertinente para establecer controles especiales. Los controles especiales pueden incluir normas de rendimiento, controles de diseño y post-mercado, y programas de vigilancia. Además, la mayoría de los dispositivos de clase II requieren aprobación de la solicitud de notificación previa a la comercialización (PMA) antes de que el dispositivo pueda ser comercializado

Dispositivos Clase III: Son dispositivos de alto riesgo tales como válvulas cardíacas, marcapasos/desfibriladores implantables, stents coronarios. Estos son dispositivos creados para el sostenimiento o apoyo de la vida, de importancia substancial en la prevención del deterioro de la salud humana.

La evaluación del protocolo de ensayo y validación se ha soportado por los documentos que genera la comunidad europea en las guías sobre dispositivos médicos. Si un protocolo está bien diseñado debe tener en cuenta la evaluación del dispositivo bajo criterios específicos, dentro de estos esta la conformidad sin datos clínicos, la evaluación clínica general, ruta de investigación clínica, relevancia de los datos presentados, seguimiento al plan post comercialización

y por último la decisión del cuerpo notificado ⁵

El diseño de pruebas experimentales consiste en determinar las pruebas pertinentes y determinar el mejor método para aplicarlas, de manera que los datos generados puedan entregar conclusiones del proceso o sistema al ser analizados estadísticamente. El diseño de protocolos o experimentos se ha establecido por etapas universalmente aceptadas como son la definición de hipótesis, variables, selección del diseño, selección de la variable dependiente, aleatorización y planeación del experimento.

7.1. PRUEBAS DE SEGURIDAD

Debido a que los diseños de equipamiento biomédico utilizan cada vez más componentes eléctricos y electrónicos es indispensable que se establezca la prueba de seguridad eléctrica como parte fundamental de todos los equipos médicos. Los diseños de pruebas de seguridad eléctrica se realizan basados en la norma técnica de seguridad eléctrica IEC 60601-1 y de los requerimientos del INVIMA, así como la clasificación de los dispositivos bajo prueba, esta clasificación puede darse por el tipo de seguridad que es inherente del equipo o el nivel de seguridad.

7.2. DISEÑO DE PRUEBAS DE FLUJO, VOLUMEN, PRESION Y RESISTENCIA AMBIENTAL

La comisión Electrotécnica Internacional proporciona estándares para la resistencia de cualquier tipo de dispositivo electrónico que pueda afectarse por factores ambientales. Para esto plantea pruebas específicas de los dispositivos frente a criterios como vibraciones, caídas, resistencia a altas y bajas presiones, temperatura y humedad. Estas pruebas se encuentran en la serie 60068 de la IEC

La asociación americana para el Desarrollo de la Instrumentación Medica (AAMI, siglas en ingles) presento en 1987 una normativa sobre el esfigmómetro aneroide electrónico en la que figuraba un protocolo para determinar la fiabilidad de dichos dispositivos. En 1990, la Sociedad Británica de Hipertensión, creo su propio protocolo, revisado en 1993, que contempla un amplio rango de presiones y establece los mínimos que deben cumplir los dispositivos. El protocolo estándar que creo la Sociedad Europea de Hipertensión añadió ciertos requisitos específicos para determinar la fiabilidad en un grupo de pacientes y que deben cumplirse para poder recomendar dichos dispositivos

Otro imponente protocolo que también reclama un grado similar de fiabilidad es el EN 1060-Part IV, que exige la obtención del sello de calidad, un reconocido galardón que cuenta con la homologación de la Liga Alemana contra la Hipertensión. La base para la prueba clínica es el DIN EN 540, ampliado con

⁵ Tomado de
http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/5745/1/GuerreroJuan_2016_Dise%C3%B1o%20de%20protocolos.pdf

mas requisitos relacionados, por ejemplo, con la selección del observador y la evaluación de los resultados.

Así mismo, existen estándares macro-generales que abarcan ensayos esenciales en el desarrollo de la certificación de un producto aeronáutico, como son:

7.3. AECTP 300 – ENVIRONMENTAL TEST

Este es un estándar emitido por la NATO (North Atlantic Treaty Organization), por sus siglas en inglés; Tiene como finalidad abordar los elementos climáticos que pueden ocurrir individualmente o en combinación con otros elementos climáticos o ambientes mecánicos. Las pruebas en este documento proporcionan una demostración razonable de la resistencia del elemento de pruebas (espécimen), a los efectos climáticos. Es decir, proporciona una orientación sobre las limitaciones o aplicaciones en escenarios de operación bajo los cuales puede estar sometido el elemento.⁶

Dentro del margen de la norma, están propuestos los siguientes ensayos:

METODO	TITLE
301	General Requirements
302	High Temperature
303	Low Temperature
304	Thermal Shock
305	Solar Radiation
306	Humid Heat
307	Immersion
308	Mould Growth
309	Salt Fog
310	Rain/watertightness
311	Icing
312	Low Pressure
313	Sand and Dust
314	Contamination By Fluids
315	Freeze/Thaw
316	Explosive Atmosphere
317	Temperature/Humidity/Altitude
318	Vibration/Temperature/Humidity/Altitude
319	Acidic Atmosphere

Tabla.1 Ensayos contenidos en la norma AECTP 300⁷

Dentro del contenido de la norma, se relaciona el método 301, el cual enuncia

⁶ AECTP 300 (Edition 3) – CLIMATIC ENVIRONMENTAL TESTS is a NATO/PFP UNCLASSIFIED publication. The agreement of nations to use this publication is recorded in STANAG 4370. 18 May 2006

⁷ AECTP 300 (Edition 3) – CLIMATIC ENVIRONMENTAL TESTS is a NATO/PFP UNCLASSIFIED publication. The agreement of nations to use this publication is recorded in STANAG 4370. 18 May 2006

las generalidades de aplicación para cada método, teniendo en cuenta la siguiente información:

- Desarrollo del programa de pruebas
- Evaluación de los parámetros de la prueba
- Duración del ensayo
- Configuración de elementos de prueba
- Información requerida antes y después de las pruebas
- Prueba de parámetros de tolerancia
- Características de las instalaciones de ensayo
- Estabilización de la temperatura
- Controles de la prueba
- Interrupción de la prueba
- Pruebas preliminares
- Criterios de falla

A continuación, se menciona el objetivo del desarrollo de cada método

7.3.1. HIGH TEMPERATURE – (ALTA TEMPERATURA)

Los principales objetivos de esta prueba son determinar, si:

- El material es seguro para operar durante y después de la exposición a altas temperaturas o,
- El material puede ser almacenado y operado como se especifica en los documentos de requisitos durante y después de la exposición a las altas temperaturas (cíclicas o constantes), que se espera encontrar durante su vida útil.
- El material experimenta daño físico durante y / o después de experimentar altas temperaturas.

7.3.2. LOW TEMPERATURE – (BAJA TEMPERATURA)

- El material es seguro para operar durante y después de la exposición a bajas temperaturas o,
- El material puede ser almacenado y operado como se especifica en los documentos de requisitos durante y después de la exposición a las bajas temperaturas (cíclicas o constantes), que se espera encontrar durante su vida útil.
- El material experimenta daño físico durante y / o después de experimentar bajas temperaturas.

7.3.3. THERMAL SHOCK – (CHOQUE TERMICO)

En esta prueba se evalúa si:

- El factor de seguridad del material es afectado por la exposición a cambios extremos de temperatura.
- El material puede ser manejado y operado dentro de los requisitos especificados durante y después de cambios bruscos de temperatura (mayores a 10°C por minuto), que probablemente sean experimentado en condiciones reales de servicio.

7.3.4. SOLAR RADIATION – (RADIACION SOLAR)

El objetivo principal de esta prueba de radiación solar es determinar la actínica (foto degradación), y efectos de calentamiento de la radiación solar en el material cuando se expone a la luz solar durante la operación o durante el almacenamiento sin protección a nivel del suelo

7.3.5. HIGH HUMIDITY – (ALTA HUMEDAD)

La alta humedad es una prueba que permite evaluar los efectos de alta humedad y temperatura en materiales que están almacenados o en uso.

7.3.6. IMMERSION – (INMERSION)

Se realizan pruebas de inmersión o de venteo para determinar si el material puede soportar la inmersión o inmersión parcial en agua y operar según sea necesario durante o después de la inmersión.

7.3.7. MOULD GROWTH – (CRECIMIENTO DE MOHO)

El propósito de esta prueba es evaluar la afectación del crecimiento de moho y rendimiento de material bélico, cuando esta sometido bajo estas condiciones.

7.3.8. SALT FOG – (NIEBLA SALINA)

Esta prueba de niebla salina esta diseñada para proporcionar un conjunto de condiciones repetibles para determinar la relativa resistencia del material a los efectos de una atmosfera de sal acuosa

7.3.9. RAIN AND WATERTIGHTNESS (LLUVIA Y HERMETICIDAD)

Estas pruebas se realizan con el fin de determinar, con respecto a la lluvia, la pulverización de agua o el agua que gotea:

- La efectividad de las cubiertas protectores, cajas, empaques o sellos;
- La capacidad del material para satisfacer sus requisitos de rendimiento durante o después de la exposición;
- El deterioro físico del material debido a la entrada de humedad.
- La efectividad de los sistemas de desagüe

7.3.10. ICING – (HIELO)

Esta prueba se realiza con el fin de evaluar el efecto de la deformación de hielo en la capacidad operativa del material. Del mismo modo, también proporciona pruebas para evaluar la efectividad del deshielo.

7.3.11. LOW PRESSURE (ALTITUDE) – (BAJA PRESION)

Se realizan estas pruebas de baja presión (altitud) para determinar si el material puede soportar y / o operar en un entorno de baja presión y / o soportar cambios rápidos de presión

7.3.12. SAND AND DUST – (ARENA Y POLVO)

La ejecución de este ensayo puede determinar la capacidad del material para resistir los efectos del polvo (incluida la abrasión) que pueden obstruir las aberturas, penetrar en grietas, hendiduras, rodamientos y juntas, y evaluar la efectividad de los filtros.

7.3.13. CONTAMINATION BY FLUIDS – (CONTAMINACION DE FLUIDOS)

Esta prueba sirve para determinar si el material esta inaceptablemente afectado por la exposición temporal a contaminantes líquidos, que pueden encontrarse durante su ciclo de vida, ya sea ocasionalmente o durante periodos prolongados

7.3.14. FREEZE/THAW – (CONGELAR)

En esta prueba se determina la capacidad del material para resistir:

- Los efectos de los cambios de fase de humedad entre líquido y sólido, en o sobre el material a medida que la temperatura ambiente pasa por el punto de congelación.
- Los efectos de la humedad inducidos por la transferencia de un ambiente frieron a cálido

7.3.15. EXPLOSIVE ATMOSPHERE – (ATMOSFERA EXPLOSIVA)

El desarrollo de esta prueba permite demostrar que:

- El material opera en atmosfera explosiva aire-combustible, sin causar ignición.
- Una reacción explosiva o de combustión que ocurra dentro del equipo encerrado estará contenida y no se propagara fuera del elemento de prueba.

7.3.16. TEMPERATURE, HUMEDITY, ALTITUDE – (TEMPERATURA, HUMEDAD, ALTITUD)

El principal objetivo es determinar si el material es seguro de manejar y / o operar durante y después de la exposición a ambientes combinados que incluyen variaciones de temperatura, humedad y presión de aire.

7.3.17. ACIDIC ATMOSPHERE – (ATMOSFERA ACIDA)

Determinar la resistencia del material y los recubrimientos a atmosferas acidas

7.4. MIL-STD-810G ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TEST

La norma MIL-STD-810G, esta dividida en tres partes principales:

➤ PARTE I: REQUISITOS DE PROGRAMA AMBIENTAL

Describe la gestión, ingeniería y funciones técnicas en el proceso de diseño y confección de pruebas ambientales. Se centra en el proceso de adaptación de los criterios de diseño y material de prueba para las condiciones ambientales específicas de un elemento material es probable que encuentre durante su vida útil. Nuevos apéndices apoyan el texto presentado de manera sucinta de la primera parte. El Anexo A contiene una descripción completa de las tareas de ingeniería ambiental. Estas tareas, además de información de gestión en el anexo B y orientación EES en el Anexo C, ayudarán a asegurar que el proceso de diseño del medio ambiente y la prueba de la adaptación es implementado y documentado de acuerdo con la disciplina, pero el enfoque flexible para pertrechos de adquisición se pide en el Departamento de Defensa (DoD) de los documentos de la serie 5000 (DODD 5000.1). Los términos utilizados en esta norma en relación con el proceso de adquisición de material se limitan a los términos utilizados en los documentos de la serie 5000 del Departamento de Defensa; para evitar confusiones y fomentar la sencillez, condiciones específicas del servicio / procesos no se utilizan.⁸

➤ PARTE II: METODOS DE PRUEBA

Contiene los métodos de ensayo de laboratorio ambientales que deben aplicarse de acuerdo con las directrices de ensayo de la adaptación generales y específicos que se describen en la primera parte. Es importante destacar que, con la excepción del método 528, estos métodos no han de ser llamados a cabo de manera manta, ni aplicarse como rutinas inalterables, pero tienen que ser seleccionados y adaptados para generar los datos de las pruebas más relevantes posible.

➤ PARTE III: REGIONES DEL MUNDO – GUIA DE CLIMAS

Contiene un compendio de datos climáticos y orientaciones ensambladas a partir de varias fuentes que incluyen AR 70-38, "Investigación, desarrollo, prueba y

⁸ MIL-STD-810G, ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TEST, Department Of Defense Test Method Standard. 31 October 2008

evaluación de material destinado a extremos Condiciones climáticas", (1979), Proyecto de AR 70-38 (1990), que fue ensamblada 1987 usando aire-tierra del campo de batalla para el Medio Ambiente (ALBE) información del informe, "Factores de Medio Ambiente y Normas para cortinas de humo a la atmósfera, el clima y el terreno," y MIL-HDBK-310, Global datos climático para el desarrollo de productos militares.

➤ **ENSAYOS CONTEMPLADOS**

N°	TITULO	TITULO (INGLES)
500	BAJA PRESION (ALTITUD)	LOW PRESSURE (ALTITUDE)
501	ALTA TEMPERATURA	HIGH TEMPERATURE
502	BAJA TEMPERATURA	LOW TEMPERATURE
503	CHOQUE DE TEMPERATURA	TEMPERATURE SHOCK
504	CONTAMINACION DE FLUIDOS	CONTAMINATION BY FLUIDS
505	LA RADIACIÓN SOLAR (SUNSHINE)	SOLAR RADIATION (SUNSHINE)
506	LLUVIA	RAIN
507	HUMEDAD	HUMIDITY
508	HONGO	FUNGUS
509	NIEBLA SALINA	SALT FOG
510	ARENA Y POLVO	SAND AND DUST
511	ATMÓSFERA EXPLOSIVA	EXPLOSIVE ATMOSPHERE
512	INMERSIÓN	IMMERSION
513	ACELERACIÓN	ACCELERATION
514	VIBRACIÓN	VIBRATION
515	RUIDO ACÚSTICO	ACOUSTIC NOISE
516	CHOQUE	SHOCK
517	PYROSHOCK	PYROSHOCK
518	AMBIENTE ÁCIDA	ACIDIC ATMOSPHERE
519	CHOQUE DISPAROS	GUNFIRE SHOCK
520	TEMPERATURA, HUMEDAD, VIBRACIONES, Y ALTITUD	TEMPERATURE, HUMIDITY, VIBRATION, AND ALTITUDE
521	FORMACIÓN DE HIELO / LLUVIA HELADA	ICING/FREEZING RAIN
522	CHOQUE BALÍSTICA	BALLISTIC SHOCK

523	VIBRO-ACÚSTICA TEMPERATURA /	VIBRO- ACOUSTIC/TEMPERATURE
524	CONGELACIÓN- DESCONGELACIÓN	FREEZE-THAW
525	TIEMPO DE FORMA DE ONDA DE REPLICACIÓN	TIME WAVEFORM REPLICATION
526	IMPACTO FERROVIARIO	RAIL IMPACT
527	MULTI - PRUEBAS EXCITER	MULTI-EXCITER TESTING

Tabla.2 Ensayos contemplados en la norma MIL-STD-810G⁹

7.4.1. LOW PRESSURE (ALTITUDE) – (BAJA PRESION (ALTITUD)

Se utiliza ensayos de baja presión (altitud) para determinar si el material puede soportar y / u operar en un entorno de baja presión y / o soportar los cambios rápidos de presión.

7.4.2. HIGH TEMPERATURE – (ALTA TEMPERATURA)

Se utiliza pruebas de alta temperatura para obtener datos que ayuden a evaluar los efectos de las condiciones de alta temperatura en el material para considerar aspectos como la seguridad, la integridad y el rendimiento.

7.4.3. LOW TEMPERATURE – (BAJA TEMPERATURA)

Se Utiliza las pruebas de baja temperatura para obtener datos que ayuden a evaluar los efectos de las condiciones de baja temperatura sobre seguridad de materiales, la integridad y el rendimiento durante el almacenamiento, el funcionamiento y la manipulación.

7.4.4. TEMPERATURE SHOCK – (CHOQUE TERMICO)

Se Utiliza esta prueba de choque de temperatura para determinar si el material puede soportar cambios repentinos de temperatura en la atmósfera circundante sin experimentar daño físico o deterioro en el rendimiento. A los efectos de este documento, "cambios repentinos" se define como "un cambio de la temperatura del aire mayor que 10 ° C (18 ° F) dentro de un minuto."

7.4.5. CONTAMINATION BY FLUIDS – (CONTAMINACION DE FLUIDOS)

Se Utiliza la prueba de contaminación de fluidos para determinar si material (o muestras de material) se ve afectada por la exposición temporal a fluidos contaminantes (líquidos) tal como puede ser encontrado y aplicado durante su ciclo de vida, o bien de vez en cuando /, intermitentemente / o durante períodos prolongados.

⁹ MIL-STD-810G, ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TEST, Department Of Defense Test Method Standard. 31 October 2008

7.4.6. SOLAR RADIATION-SUNSHINE – (RADIACION SOLAR)

Este método tiene dos propósitos:

- a. Determinar los efectos de calentamiento de la radiación solar directa sobre el material.
- b. Ayudar a identificar los efectos (de la foto degradación) actínicas de la radiación solar directa.

7.4.7. RAIN – (LLUVIA)

El propósito de este método es ayudar a determinar lo siguiente con respecto a la lluvia, rocío de agua o goteo de agua:

- a. La eficacia de las cubiertas de protección, cascotes y sellos en la prevención de la penetración de agua en el material.
- b. La capacidad del material para satisfacer sus requisitos de rendimiento durante y después de la exposición al agua.
- c. Cualquier deterioro físico del material causado por la lluvia.
- d. La eficacia de cualquier sistema de extracción de agua.

7.4.8. HUMEDITY – (HUMEDAD)

El propósito de este método es para determinar la resistencia de un material a los efectos de un ambiente cálido y húmedo.

7.4.9. FUNGUS – (HONGO)

El propósito de esta prueba es evaluar la medida de hongos en el material y si contribuye con el crecimiento de hongos y cómo el crecimiento de hongos puede afectar al rendimiento o uso del material. Los objetivos principales de la prueba de hongos son determinar:

- a. si los componentes que forman el material, o la combinación ensamblada del mismo, apoya el crecimiento de hongos, en caso de ser así establecer la especie.
- b. la rapidez con que el hongo crece en el material.
- c. cómo hongo afecta el material, su misión, y su seguridad para el uso tras el crecimiento de hongos en el material.
- d. Si el material se puede almacenar de manera efectiva en un entorno de campo.
- e. si hay procesos de reversión simples, por ejemplo, limpiando el crecimiento de hongos.

7.4.10. SALT FOG – (NIEBLA SALINA)

El método de niebla salina se realiza para determinar la eficacia de los revestimientos protectores y acabados en materiales. También se puede aplicar para determinar los efectos de depósitos de sal sobre los aspectos físicos y eléctricos del material.

7.4.11. ARENA Y POLVO – (SAND AND DUST)

- a. El polvo (<150µm) procedimiento. Este examen se realiza para ayudar a evaluar la capacidad del material para resistir los efectos del polvo que pueda obstruir las aberturas, penetrar en las grietas, hendiduras, cojinetes y juntas, y para evaluar la efectividad de los filtros.
- b. Arena (150 a 850µm de partículas de tamaño) procedimiento. Este examen se realiza para ayudar a evaluar la capacidad del material para ser almacenados y operado en condiciones de soplado de arena sin degradar el rendimiento, la eficacia, fiabilidad y facilidad de mantenimiento debido a la abrasión (erosión) o los efectos de las partículas grandes y de bordes afilados obstrucción.

7.4.12. ATMOSFERA EXPLOSIVA – (EXPLOSIVE ATMOSPHERE)

La prueba atmósfera explosiva se realiza para:

- a. demostrar la capacidad de material para funcionar en atmósferas explosivas de combustible-aire sin causar la ignición, o
- b. demostrar que una reacción explosiva o ardor que ocurre dentro de material encapsulado será contenida, y no se propagan fuera del objeto de ensayo.

7.4.13. INMERSION – (IMMERSION)

El ensayo de inmersión se realiza para determinar si el material puede soportar la inmersión o inmersión parcial en agua (por ejemplo, de vadeo), y operar como se requiere durante o después de la inmersión.

7.4.14. ACELERACION – (ACCELERATION)

La prueba de aceleración se realiza para asegurar que material puede soportar estructuralmente las cargas de inercia de estado estacionario que son inducidos por la aceleración plataforma, deceleración, y la maniobra en el entorno de servicio, y la función sin degradación durante y después de la exposición a estas fuerzas. Pruebas de aceleración también se utilizan para asegurar que material no ser peligrosos después de la exposición a chocar cargas de inercia.

7.4.15. VIBRACION – (VIBRATION)

Pruebas de vibración se realizan para:

- a. Desarrollar material para funcionar en y soportar las exposiciones a las vibraciones de un ciclo de vida, incluidos los efectos sinérgicos de otros factores ambientales, ciclo de trabajo, material y mantenimiento. Este método se limita a la consideración de una mecánica grado de libertad a la vez. Consulte el método 527 para mayor información sobre las pruebas de excitación múltiple. Combinar la guía de este método con la orientación de la primera parte de este documento y otros métodos para dar cuenta de la sinergia del medio ambiente.
- b. Verificar que material va a funcionar y soportar las exposiciones a las vibraciones de un ciclo de vida.

7.4.16. RUIDO ACUSTICO – (ACOUSTIC NOISE)

La prueba de ruido acústico se realiza para determinar la idoneidad de material para resistir el ambiente acústico especificado sin una degradación inaceptable de su desempeño funcional y / o integridad estructural.

7.4.17. CHOQUE – (SHOCK)

Pruebas de choque se realizan para:

- a. Proporcionar un grado de confianza de que material física y funcionalmente puede resistir los choques relativamente poco frecuentes, no repetitivas encontradas en entornos de manipulación, transporte y servicios. Esto puede incluir una evaluación de la integridad global del sistema material con fines de seguridad en cualquiera o todos los entornos de manipulación, transporte y servicios;
- b. determinar el nivel de fragilidad del material, con el fin de que el embalaje puede estar diseñado para proteger la integridad física y funcional del material; y
- c. probar la fuerza de dispositivos que se conectan a las plataformas de material que pueden bloquear.

7.4.18. PYROSHOCK – (PYROSHOCK)

Pyroshock pruebas que implican pirotécnica (explosivo- o propelente activado) los dispositivos se realizan para:

- a. Proporcionar un grado de confianza de que material estructural y funcionalmente puede resistir los efectos de choque poco frecuentes causadas por la detonación de un dispositivo pirotécnico en una configuración estructural en la que se monta el material.
- b. experimentalmente estimar el nivel fragilidad del material en relación con pyroshock con el fin de que los procedimientos de mitigación de choque se pueden emplear para proteger la integridad estructural y funcional del material.

7.4.19. AMBIENTE ACIDO – (ACIDIC ATMOSPHERE)

Utilice la prueba atmósfera ácida para determinar la resistencia de los materiales y recubrimientos protectores a ambientes corrosivos, y cuando sea necesario, para determinar su efecto sobre las capacidades operativas.

7.4.20. CHOQUE DE DISPAROS – (GUNFIRE SHOCK)

Prueba de choque de disparos se realizan para proporcionar un grado de confianza a la estructura del material y funcionalmente lo que puede soportar en cuanto al efecto de los disparos de un arma.

7.4.21. TEMPERATURA, HUMEDAD, ALTITUD Y VIBRACIONES – (TEMPERATURE, HUMEDITY, VIBRATION AND ALTITUDE)

El propósito de esta prueba es para ayudar a determinar los efectos combinados de la temperatura, humedad, vibraciones, y la altitud sobre el material electrónico y electromecánico en el aire con respecto a la seguridad, la integridad y el rendimiento durante las operaciones en tierra y en vuelo. Algunas partes de esta prueba puede aplicarse a los vehículos de tierra, también. En tales casos, no se aplican las referencias a consideraciones de altitud.

7.4.22. FORMACION DE HIELO/LLUVIA HELADA – (ICING/FREEZING RAIN)

La prueba se lleva a cabo la formación de hielo para evaluar el efecto de la formación de hielo en la capacidad operativa de material. Este método también proporciona pruebas para evaluar la eficacia de los equipos y las técnicas de deshielo, que incluye medios prescritos para ser utilizados en el campo.

7.4.23. CHOQUE BALISTICO – (BALLISTIC SHOCK)

Este método incluye un conjunto de pruebas de choque balísticos generalmente implican intercambio de momento entre dos o más cuerpos, o intercambio de momento entre un líquido o un gas y un sólido realizadas a:

- a. Proporcionar un grado de confianza de que material estructural y funcionalmente puede resistir los efectos de choque poco frecuentes causados por altos niveles de intercambio de momento en una configuración estructural en la que se monta el material.
- b. experimentalmente estimar el nivel fragilidad del material con respecto al choque balística con el fin de que los procedimientos de mitigación de choque se pueden emplear para proteger la integridad estructural y funcional del material.

7.4.24. VIBRO-ACUSTICA / TEMPERATURA – (VIBRO ACOUSTIC/TEMPERATURE)

El procedimiento de vibro-acústica / temperatura se lleva a cabo para determinar los efectos sinérgicos de la vibración, el ruido acústico, y la temperatura sobre provisiones de la aeronave durante el vuelo realizadas externamente carry cautivo. Tal determinación puede ser útil para, pero no limitado a los siguientes fines:

- a. Para revelar y corregir deficiencias en el diseño (probar, analizar y probar Fix (TAAF)).
- b. para determinar si un diseño cumple con el requisito de fiabilidad determinado (Ensayo de demostración de fiabilidad).
- c. Para revelar mano de obra o de componentes defectos antes de que una unidad de producción deja el lugar de reunión (Prueba de detección).
- d. Para estimar el tiempo medio entre fallos (MTBF) de una gran cantidad de unidades basadas en el tiempo del elemento de prueba para el fracaso de una pequeña muestra de las unidades de prueba (Aceptación del lote).
- e. Para determinar la confiabilidad relativa entre las unidades basadas en el tiempo del elemento de prueba para el fracaso de una pequeña muestra de las

unidades (Prueba de comparación Fuente).

7.4.25. CONGELACION-DESCONGELACION – (FREEZE-THAW)

El propósito de este ensayo es determinar la capacidad de material para soportar:

- a. Los efectos de los cambios de fase de humedad entre líquidos y sólidos, en o sobre material, como los ciclos de temperatura ambiente a través del punto de congelación;
- b. Los efectos de la humedad inducidas por la transferencia de un ambiente frío a caliente o calentamiento al frío.

7.4.26. TIEMPO DE FORMA DE ONDA DE REPLICACION – (TIME WAVEFORM REPLICATION)

La replicación de una curva del tiempo en Hora de forma de onda de replicación (TWR) metodología en el laboratorio se realiza para:

- a. Proporcionar un grado de confianza en que el material estructural y funcionalmente puede soportar la curva del tiempo de ensayo, medida o analíticamente especificado (s) a las que es probable que esté expuesto en el entorno operativo del ámbito material.
- b. Experimentalmente estimar el nivel fragilidad del material en relación a la forma, el nivel, la duración o la aplicación repetida de la traza (s) tiempo de la prueba.

7.4.27. IMPACTO FERROVARIO – (RAIL IMPACT)

El propósito de este método de ensayo consiste en reproducir las condiciones de impacto vagón de ferrocarril que se producen durante la vida de transporte de sistemas, subsistemas y las unidades, en lo sucesivo denominado material, así como las modalidades de amarre, en las condiciones especificadas logísticas.

7.4.28. MULTI – PRUEBAS DE EXICITACION – (MULTI-EXCITER TESTING)

Metodología de análisis multi-excitador se realiza para proporcionar un grado de confianza en que el material estructural y funcionalmente puede soportar un entorno determinado, por ejemplo, inmóvil, no estacionaria, o de una naturaleza de choque, que debe ser replicado en el producto de ensayo en el laboratorio con más de un movimiento consideración grados de libertad. El entorno de prueba de laboratorio se puede derivar de las mediciones de campo en material, o puede estar basada en una especificación generada analíticamente.

7.5. RTCA/DO-160: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Electronic / Electrical Equipment and Instruments

➤ **SECCION I: PROPOSITO Y APLICABILIDAD**

En esta sección se define una serie de condiciones de prueba ambientales estándar (categorías) y procedimientos de prueba aplicables para equipos usados a bordo en las aeronaves. El propósito de estas pruebas es proporcionar un medio que permita determinar las características de rendimiento de los equipos usados a bordo, en condiciones ambientales representativas de aquellos que pueden encontrarse en la operación aérea del equipo.¹⁰

➤ **SECCION II: DEFINICION DE TERMINOS**

En esta sección se definen términos de manera general, que son usados a lo largo de este documento.

➤ **SECCION III: CONDICIONES Y PARAMETROS DE LOS ENSAYOS**

• **Conexión y Orientación del Equipo:**

A menos que se indique lo contrario, conecte y oriente el equipo (por ejemplo, mecánicamente y eléctricamente), según lo recomendado por el fabricante del equipo para la instalación normal de servicio, incluidas los métodos de enfriamiento, según sea necesario para realizar las pruebas y para DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE RENDIMIENTO DEL EQUIPO APLICABLE. En caso de que no se indiquen las longitudes de los cables de interconexión, deben tener como mínimo 1,50 m de largo y tener una configuración de bundle de 1,20 m. Cualquier entrada o salida hacia o desde otro equipo normalmente asociado con el o los equipos que se encuentre bajo prueba, debe estar conectado o simulado adecuadamente.¹¹

• **Orden de Pruebas, Pruebas Múltiples**

Es responsabilidad del fabricante del equipo determinar los requisitos para las pruebas acumulativas o combinadas, y reflejar estos requisitos en la especificación del equipo y el plan de prueba. En la medida en que no se comprometan tales requisitos, pueden usarse múltiples equipos de prueba, pueden ejecutarse pruebas en cualquier orden, y pueden usarse equipos de prueba separados para demostrar el cumplimiento de las pruebas separadas.

• **Pruebas Combinadas**

¹⁰ RTCA DO-160, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT, Radio Technical Commission For Aeronautics, December 9, 2004

¹¹ RTCA DO-160, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT, Radio Technical Commission For Aeronautics, December 9, 2004

Es aceptable emplear procedimientos alternativos desarrollados como combinaciones de los procedimientos descritos en este documento. Teniendo en cuenta, que se pueda demostrar que todas las condiciones ambientales aplicables especificadas en los procedimientos originales se duplican o superan el procedimiento combinado.

- **Medición de la Temperatura del Aire en la Cámara de Prueba**

La temperatura del aire en la cámara de prueba se medirá en un lugar donde las condiciones del aire sean representativas de las que rodean inmediatamente el equipo. No se debe medir directamente de la pared de la cámara, debido al retraso de la temperatura y la transferencia de calor a través de la pared de la cámara.

- **Condiciones Ambientales**

A menos que se especifique lo contrario, todas las pruebas se realizarán bajo las siguientes condiciones ambientales:

- **-Temperatura: +15 a +35 grados Celsius**
- **-Humedad Relativa: No mayor al 85%**
- **-Presión Ambiente: 84 a 107 kPa (equivalente a +5.000 a -1.500 ft)(+1525 a -460 m)**

- **Tolerancias de las Condiciones de Pruebas Ambientales**

A menos que se especifique lo contrario, las pruebas realizadas en condiciones ambientales diferentes al estándar, como se definió anteriormente, se realizarán de acuerdo con las siguientes tolerancias:

-Temperatura: +/- 3 grados Celsius

-Altitud: +/- 5 por ciento de la presión especificada

- **Equipos de Prueba**

Todos los equipos de estímulo y medición utilizados en la realización de las pruebas deben identificarse por marca, modelo, número de serie y la fecha de caducidad de la calibración y / o el período de calibración válido, según corresponda. Se debe contar con la correspondiente trazabilidad de los equipos

- **Equipos de Unidades Múltiples**

Si el equipo que se va a probar consta de varias unidades separadas, estas unidades se pueden probar por separado, siempre que los aspectos funcionales se mantengan como se define en la sección correspondiente.

7.5.1. TEMPERATURA Y ALTITUD – (TEMPERATURE AND ALTITUDE)

Estas pruebas determinan las características de rendimiento del equipo en las categorías aplicables para las temperaturas y altitudes especificadas para cada posible zona de operación del componente

CATEGORIA/OBSERVACION	RANGO DE ALTITUD - MSL		TIPO (UBICACIÓN)
	ft	m	
A1	< 15000	< 4600	Presurizada
A2	>15000	>4600	Presurizada
A3 – Temperatura mayor que A1 y A2	<15000	<4600	Presurizada
A4	<15000	<4600	No presurizada
B1	<25000	<7620	No presurizada
B2 – Temperatura no controlada	<=25000	<=7620	No presurizada
B3 – Instalado en la Sección de la planta motriz	<25000	<7620	_____
B4 – Temperatura diferente de B1 y B2	<25000	<7620	No presurizada
C1 – Temperatura controlada	<35000	<10700	No presurizada
C2 – Temperatura no controlada	<35000	<10700	No presurizada
C3 – Instalado en la sección de la planta motriz	<35000	<10700	_____
C4 – Temperatura diferente de los rangos de C1 y C2	<35000	<10700	No presurizado
D1 – Temperatura controlada	<50000	<15200	No presurizado
D2 – Temperatura no controlada	<50000	<15200	No presurizado
D3 – Instalado en la sección de la planta motriz	<50000	<15200	_____
E1 – Temperatura no controlada	<70000	<21300	No presurizado
E2 – Instalado en la sección de la planta motriz	<70000	<21300	_____
F1 – Temperatura controlada	<55000	<16800	No presurizado
F2 – Temperatura no controlada	<55000	<16800	No presurizado
F3 – Instalado en la sección de la planta motriz	<55000	<16800	No presurizado

Tabla.3 Clasificación de equipos ¹²

¹² RTCA DO-160, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT, Radio Technical Commission For Aeronautics, Section 4, pag 1, December 9, 2004

Environmental Tests	Category Paragraph 4.3																			
	A				B				C				D			E		F		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	3
Operating Low Temp.	-15	-15	-15	-15	-20	-45	-45	Note (4)	-20	-55	-55	Note (4)	-20	-55	-55	-55	-55	-20	-55	-55
Degrees C Paragraph 4.5.2																				
Operating High Temp.	+55	+70	+70	Note (3)	+55	+70	Note (3)	Note (4)	+55	+70	Note (3)	Note (4)	+55	+70	Note (3)	Note (3)	Note (3)	+55	+70	Note (3)
Degrees C Paragraph 4.5.4																				
Short-Time Operating Low Temp.	-40	-40	-40	Note (3)	-40	-45	Note (3)	Note (4)	-40	-55	Note (3)	Note (4)	-40	-55	-55	-55	-55	-40	-55	-55
Degrees C Paragraph 4.5.1																				
Short-Time Operating High Temp.	+70	+70	+85	Note (3)	+70	+70	Note (3)	Note (4)	+70	+70	Note (3)	Note (4)	+70	+70	Note (3)	Note (3)	Note (3)	+70	+70	Note (3)
Degrees C Paragraph 4.5.3																				
Loss of Cooling Test	+30	+40	+45	Note (3)	+30	+40	Note (3)	Note (3)	+30	+40	Note (3)	Note (3)	+30	+40	Note (3)	Note (3)	Note (3)	+30	+40	Note (3)
Degrees C Paragraph 4.5.5																				
Ground Survival Low Temperature	-55	-55	-55	Note (3)	-55	-55	Note (3)	-55	-55	-55	Note (3)	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55
Degrees C Paragraph 4.5.1																				
Ground Survival High Temperature	+85	+85	+85	Note (3)	+85	+85	Note (3)	+85	+85	+85	Note (3)	+85	+85	+85	Note (3)	+85	Note (3)	+85	+85	Note (3)
Degrees C Paragraph 4.5.3																				
Altitude	15	15	15	15	25	25	25	25	35	35	35	35	50	50	50	70	70	55	55	55
Thousands of Feet Paragraph 4.6.1	4.6	4.6	4.6	4.6	7.6	7.6	7.6	7.6	10.7	10.7	10.7	10.7	15.2	15.2	15.2	21.3	21.3	16.8	16.8	16.8
Decompression Test	Note (1)	Note (1)	Note (1)	Note (1)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Paragraph 4.6.2	(4)	(4)	(4)	(4)																
Overpressure Test	Note (2)	Note (2)	Note (2)	Note (2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Paragraph 4.6.3																				

Imagen 1. Parámetros de temperatura según la clasificación de equipos¹³

Pressure Altitude	Absolute Pressure			
	kPa	(mbars)	(in Hg)	mm Hg
-15,000 ft (-4,572 m)	169.73	1697.3	50.12	1273.0
-1,500 ft (-457 m)	106.94	1069.4	31.58	802.1
0 ft (0m)	101.32	1013.2	29.92	760.0
+8,000 ft (+2,438 m)	75.26	752.6	22.22	564.4
+15,000 ft (+4,572 m)	57.18	571.8	16.89	429.0
+25,000 ft (+7,620 m)	37.60	376.0	11.10	282.0
+35,000 ft (+10,668 m)	23.84	238.4	7.04	178.8
+50,000 ft (+15,240 m)	11.60	116.0	3.42	87.0
+55,000 ft (+16,764 m)	9.12	91.2	2.69	68.3
+70,000 ft (+21,336 m)	4.44	44.4	1.31	33.3

Imagen.2 Parámetros de presión¹⁴

7.5.2. VARIACION DE TEMPERATURA – (TEMPERATURE VARIATION)

¹³ RTCA DO-160, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT, Radio Technical Commission For Aeronautics, Section 4, tabla 4-8 December 9, 2004

¹⁴ RTCA DO-160, ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT, Radio Technical Commission For Aeronautics, Section 4, tabla 4-2 December 9, 2004

Esta prueba determina las características de rendimiento del equipo durante las variaciones de temperatura entre temperaturas extremas altas y bajas.

7.5.3. HUMEDAD – (HUMEDITY)

Esta prueba determina la capacidad del equipo para soportar atmosferas húmedas naturales o inducidas. Los principales efectos adversos para anticipar son:

- Corrosión
- Cambios de las características del equipo, resultado de la absorción de humedad

7.5.4. CHOQUES OPERACIONALES Y SEGURIDAD DE CHOQUE – (OPERATIONAL SHOCKS AND CRASH SAFETY)

La prueba de choque operacional verifica que el equipo continuara funcionando dentro de los estándares de rendimiento después de la exposición a los choques experimentados durante las operaciones normales de la aeronave. Estos choques pueden ocurrir durante el rodaje, el aterrizaje o cuando la aeronave se encuentra con ráfagas repentinas en vuelo. Esta prueba se hace efectiva a todos los equipos instalados en aviones y helicópteros.

Así mismo, la prueba de seguridad contra choques verifica, que ciertos equipos no se separen de una manera que presente un peligro durante un aterrizaje de emergencia. Esta prueba es aplicable a los equipos instalados en comportamientos y otras áreas de la aeronave donde el equipo se desconecte y represente un peligro para los ocupantes, los sistemas de combustible o el equipo de evacuación de emergencia. Se debe tener en cuenta, que estas pruebas no satisfacen los requisitos de FAR para todos los equipos (asientos y asientos de seguridad)

7.5.5. VIBRACION – (VIBRATION)

Estas pruebas demuestran que el equipo cumple con los estándares de rendimiento aplicables del equipo (incluidos los requisitos de durabilidad) cuando se les somete a los niveles de vibraciones especificados para la instalación adecuada

7.5.6. ATMOSFERA EXPLOSIVA – (EXPLOSIVE ATMOSPHERE)

Esta prueba especifica los requisitos y procedimientos para los equipos de aeronaves que pueden entrar en contacto con fluidos y vapores inflamable. También se refiere a condiciones normales y de falla que podrían ocurrir en áreas que están o pueden estar sujetas a líquidos y vapores inflamables durante las operaciones de vuelo.

Los fluidos, vapores o gases de prueba inflamables a los que se hace referencia en esta sección simulan los que normalmente se usan en aeronaves convencionales y que requieren oxígeno para la combustión.

7.5.7. IMPERMEABILIDAD – (WATERPROOFNESS)

Estas pruebas determinan si el equipo puede soportar los efectos del agua líquida que se está filtrando, bien sea rociando o cayendo sobre el equipo.

7.5.8. SUCEPTIBILIDAD DE FLUIDOS – (FLUIDS SUSCEPTIBILITY)

Esta prueba determina si los materiales utilizados en la construcción del equipo pueden resistir los efectos nocivos de los contaminantes líquidos. Las pruebas de susceptibilidad de fluidos solo se deben realizar cuando el equipo se instala en áreas donde la contaminación de fluidos podría encontrarse comúnmente. Los fluidos son representativos de los fluidos de uso común que se encuentran en las operaciones aéreas y terrestres.

7.5.9. ARENA Y POLVO – (SAND AND DUST)

Esta prueba determina la resistencia del equipo a los efectos del impacto de arena y polvo. Los principales efectos adversos que anticipar son:

- Penetración en grietas, hendiduras, rodamientos y juntas, causando ensuciamiento y / o obstrucción de partes móviles, filtros, etc.
- Formación de puentes eléctricamente conductores
- Acción como núcleo para la recolección de vapor de agua, incluyendo efectos secundarios de posible corrosión
- Contaminación de fluidos

7.5.10. RESISTENCIA A LOS HONGOS – (FUNGUS RESISTANCE)

Estas pruebas determinan si el material del equipo se ve afectado adversamente por hongos en condiciones favorables para su desarrollo, alta humedad, atmósfera cálida y presencia de sales inorgánicas

7.5.11. NIEBLA SALINA – (SALT FOG)

Esta prueba determina los efectos en el equipo a la exposición prolongada a atmósfera de sal o niebla salina experimentada en operaciones normales.

Los principales efectos adversos que anticipar son:

- Corrosión de metales

- Obstrucción o atascamiento de partes móviles como resultado de depósitos de sal
- Fallo de aislamiento
- Daño en los contactos y cableado sin recubrimiento

7.5.12. ENTRADA DE ALIMENTACION – (POWER INPUT)

Esta sección define las condiciones de prueba y los procedimientos para la alimentación eléctrica de AC y DC, aplicada a los terminales del equipo bajo prueba. Abarca las siguientes fuentes de alimentación eléctrica:

- 14 Vdc y 28 Vdc
- 115 Vrms ac y 230 Vrms ac a una frecuencia nominal de 400 Hz o en un rango de frecuencia variable que incluye 400 Hz

Las categorías de equipos y clases de frecuencia, condiciones de prueba y procedimientos para equipos que utilizan otros suministros de energía eléctrica deben definirse en el rendimiento del equipo aplicable.

7.5.13. PICO DE VOLTAJE – (VOLTAGE SPIKE)

Esta prueba determina si el equipo puede soportar los efectos de los picos de voltaje que llegan al equipo en sus cables de alimentación, ya sea de AC o de DC. Los principales efectos adversos que se anticipan son:

- Daños permanentes, fallo de componentes, avería del aislamiento
- Cambios en el rendimiento

7.5.14. SUSCEPTIBILIDAD A LA FRECUENCIA DE AUDIO – ENTRADAS DE ENERGIA – (AUDIO FREQUENCY CONDUCTED SUSCEPTIBILITY – POWER INPUTS)

Esta prueba determina si el equipo aceptara componentes de frecuencia de una magnitud que normalmente se espera cuando el equipo se instala en la aeronave. Estos componentes de frecuencia están normalmente relacionados armónicamente con la frecuencia fundamental de la fuente de alimentación

7.5.15. FORMACION DE HIELO – (ICING)

Estas pruebas determinan las características de rendimiento de los equipos que deben operar cuando se exponen a condiciones de formación de hielo, a las cuales se encontraran en condiciones de cambios rápidos de temperatura, altitud y humedad

8. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

Dentro del contenido de los procedimientos, se implementan lineamientos básicos estándar que permiten ser utilizados como herramientas o guía propia de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), quien actúa como Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado (AAAE) y tiene como función establecer los parámetros mínimos requeridos para realizar ensayos ambientales que permitan simular y evidenciar el comportamiento de componentes aeronáuticos antes de ser instalados en una aeronave, en este caso los productos aeronáuticos que adelantan procesos de certificación con la Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa – SECAD

Las guías aplicables para el desarrollo de los procedimientos de ensayo son: **MIL-STD-810 G Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests** emitido por el DoD y el **Procedimiento para La Aprobación de Productos Aeronáuticos (PMA)** emitido por la Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), de estos documentos se extrajo los puntos y lineamientos esenciales para la obtención de los procedimientos de ensayos. Se desarrollaron cuatro procedimientos principales:

Teniendo en cuenta las capacidades disponibles en CAMAN y las principales variables que pueden afectar un componente aeronautico, se establecen como ensayos principales los siguientes:

- Alta y baja temperatura
- Baja presión
- Vibración
- Choque térmico

A partir de los documentos mencionados anteriormente se propone el siguiente contenido para los procedimientos de ensayo:

- Aplicación
- Limitación
- Análisis de seguridad
- Selección de procedimiento – (paso a paso)
- Instrumentación
- Mediciones e inspecciones
- Análisis de resultados obtenidos

8.1. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS

Para la realización de los procedimientos de ensayo, se contextualiza de que manera son introducidos dentro del plan de certificación específico del componente, a fin de determinar las etapas de desarrollo de los ensayos necesarios para presentar como evidencia ante la autoridad aeronáutica.

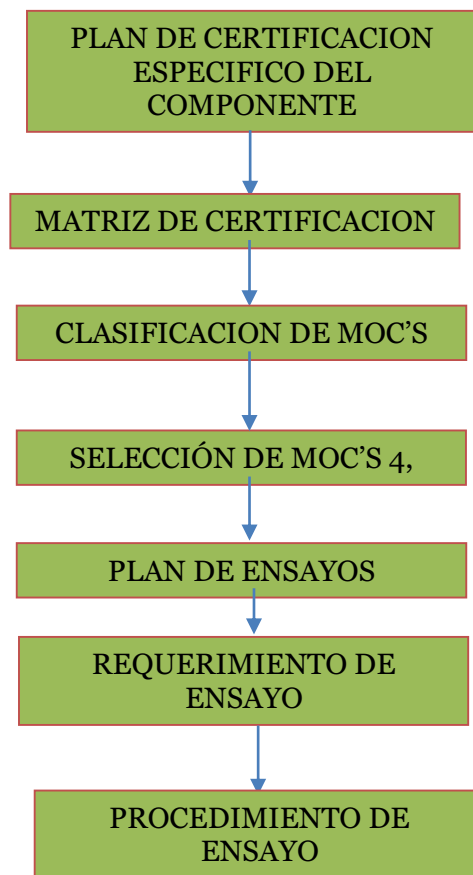


Figura.1 Flujograma procedimiento para realización de ensayos de certificación de un producto aeronáutico¹⁵

¹⁵ Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), Nicolas Vargas Lesmez, Procedimientos de Ensayos Ambientales para componentes clase II y III, Madrid Cundinamarca, 2018

8.2. APLICACION

En este apartado se establece que componente será sometido a dicho ensayo y que se pretende evaluar con dicha prueba.

CLASE COMPONENTE			P/N	S/N
I	II	III		
FABRICANTE				
CONDICIONES DE LA PRUEBA			TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA
OBSERVACIONES				
APROBADO				
REPRESENTANTE ESLAE		REPRESENTANTE AUTORIDAD		REPRESENTANTE EMPRESA

Imagen.3 Sección Introductoria de los procedimientos¹⁶

8.3. LIMITACION

Se establece las limitaciones de la prueba en referente al control de tiempo en vida límite del componente y el tiempo promedio de operación del componente.

8.4. ANALISIS DE SEGURIDAD

Se establece los parámetros y lineamientos que se deben considerar al momento de ejecutar la prueba. Teniendo en cuenta la normativa ISO 9001 para procesos de gestión de calidad.

8.5. PROCEDIMIENTOS – (PASO A PASO)

8.5.1. ALTA TEMPERATURA - ALMACENAMIENTO

PASO	DESCRIPCION
------	-------------

¹⁶ Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD), Nicolas Vargas Lesmez, Procedimientos de Ensayos Ambientales para componentes clase II y III, Madrid Cundinamarca, 2018

1	Realice las respectivas verificaciones de seguridad a la cámara ambiental antes de encenderla
2	Realice una inspección física previa al espécimen, antes de introducirlo en la cámara ambiental. Registre lo evidenciado
3	Identifique con base al mapa y tablas de temperatura, la humedad y temperatura bajo la cual opera el componente con base en los anexos A,B,C y D, según corresponda: -Ubique en el mapa del anexo A, la zona en donde opera el componente -En caso de que la zona en donde opera el componente sea A1 o A2, verifique los anexos C y D -En caso de que la zona sea A3, verifique el anexo E
4	Estabilice la temperatura del espécimen durante 10 minutos
5	Introduzca el espécimen en la cámara ambiental, de tal manera que la ubicación del espécimen sea representativa con la posición de almacenamiento
6	Ajuste la temperatura y la humedad relativa con base a los datos obtenidos del paso 3.
7	Someta el espécimen a 7 ciclos de 24 horas continuas
8	Realice una inspección visual al espécimen durante la prueba. Registre lo observado
9	Al terminar el ultimo ciclo, someta el espécimen a una temperatura ambiente que permita que se estabilice.
10	Retire el espécimen de la cámara ambiental y realice una inspección física. Posterior, realice una prueba funcional. Registre lo evidenciado
12	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

8.5.2. ALTA TEMPERATURA - OPERACION

PASO	DESCRIPCION
1	Realice las respectivas verificaciones de seguridad a la cámara ambiental antes de encenderla
2	Realice una inspección previa al espécimen, antes de introducirlo en la cámara ambiental. Registre lo evidenciado
3	Identifique con base al mapa y tablas de temperatura, la humedad y temperatura bajo la cual opera el componente con base en los anexos A, B,C y D, según corresponda: -Ubique en el mapa del Anexo A, la zona en donde opera el componente -En caso de que la zona en donde opera el componente sea A1 o A2, verifique los anexos C y D -En caso de que la zona sea A3, verifique el anexo E
4	Estabilice la temperatura del espécimen durante 10 minutos
5	Introduzca el espécimen en la cámara ambiental y ubíquelo de tal

	manera que permita la circulación de aire por todas las secciones del espécimen. utilice accesorios necesarios para levantar el componente 2 mm.
6	Ajuste la temperatura y la humedad relativa con base a los datos obtenidos del paso 3
7	Someta el espécimen durante dos horas (02) a la temperatura y humedad, ajustada en el paso 6
8	Realice una inspección visual durante la prueba y registre lo observado.
9	Al terminar el tiempo de prueba, apague la cámara y retire el componente
10	Estabilice la temperatura del espécimen y realice una prueba de operación. Registre lo evidenciado
11	Realice una inspección física al componente. Registre lo evidenciado.
12	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

Nota: Para el procedimiento de alta temperatura, se usan dos enfoques relacionadas con la secuencia de prueba. Un enfoque es conservar la vida útil de los elementos de prueba aplicando lo que se prescribe como los entornos menos dañinos. Para ello, se considera realizar solo una prueba de alta temperatura según el procedimiento. Para el segundo enfoque, se considera realizar pruebas de alta temperatura combinadas con vibración y choques, para evidenciar efectos sinérgicos. En el caso de este procedimiento su principal enfoque es evidenciar los efectos de rendimiento del componente a altas temperaturas.

8.5.3. BAJA TEMPERATURA – ALMACENAMIENTO

PASO	DESCRIPCION
1	Realice las respectivas inspecciones de seguridad antes iniciar el procedimiento
2	Realice una Inspección física previa al espécimen. Registre lo observado
3	Identifique con base al mapa del anexo F, la zona en donde opera normalmente el componente. Posterior, identifique en el mapa en la esquina superior izquierda, a que categoría pertenece el componente y remítase al anexo G. En caso de que opere en la categoría C0, utilizar el valor de la temperatura de la categoría C1
4	Introduzca el espécimen en la cámara de prueba y ubíquelo de tal manera que simule la posición de almacenamiento.
5	Ajuste la temperatura identificada en el paso 3, con una rata de incremento de 3°C/min.
6	Espere a que la temperatura se estabilice y a partir de ese momento contabilice cuatro (04) horas.

7	Durante la prueba realice una inspección al espécimen, verifique que no presente ningún tipo de falla estructural. Registre lo observado
8	Al terminar las cuatro (04) horas de la prueba, ajuste la cámara a condiciones ambientales estándar y espere a que el espécimen se estabilice.
9	Retire el espécimen de la sección de prueba, y realice una inspección física detallada. Así mismo, realice una prueba de funcionamiento. Registre lo evidenciado
10	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

8.5.4. BAJA TEMPERATURA - OPERACION

PASO	DESCRIPCION
1	Realice las respectivas inspecciones de seguridad antes iniciar el procedimiento
2	Realice una Inspección física previa al espécimen. Registre lo observado
3	Identifique con base al mapa del anexo F, la zona en donde opera normalmente el componente. Posterior, identifique en el mapa en la esquina superior izquierda, a que categoría pertenece el componente y remítase al anexo G. En caso de que opere en la categoría C0, utilizar el valor de la temperatura de la categoría C1
4	Introduzca el espécimen en la cámara de prueba y ubíquelo de tal manera que simule la posición de operación
5	Ajuste la temperatura identificada en el paso 3, con una rata de incremento de 3°C/min.
6	Espere a que la temperatura se estabilice y contabilice dos (02) horas
7	Durante la prueba realice una inspección visual al espécimen. Registre lo observado
8	Al terminar la prueba, estabilice las condiciones ambientales de la cámara. Espere a que el espécimen se estabilice.
9	Retire el espécimen de la sección de prueba y realice una inspección física. Posterior, realice una prueba funcional. Registre lo evidenciado.
10	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

8.5.5. CHOQUE TERMICO

PASO	DESCRIPCION
1	Realice las respectivas verificaciones de seguridad a la cámara

	antes de iniciar el ensayo.
2	Realice una inspección física y prueba funcional al espécimen, antes de iniciar el ensayo
3	<p>Identifique las respectivas temperaturas para ambos ambientes (caliente – frío)</p> <p>-Caliente: Remítase al anexo A, y verifique la zona de operación del componente. Identifique en el mapa al costado izquierdo inferior, la categoría de la zona de operación del componente. Posterior diríjase a las tablas del anexo B, C y D, según sea el caso. En el caso de que la categoría se A3, remítase al anexo E seleccione la respectiva temperatura</p> <p>-Frío: Remítase al anexo F y verifique la zona de operación del componente. Identifique en el mapa al costado izquierdo inferior, la categoría de la zona de operación del componente. Posterior, remítase al anexo G y seleccione la respectiva temperatura.</p> <p>NOTA: Se recomienda que las temperaturas sean extremas, dependiendo del rango de cada zona</p>
4	Inserte el Especimen en la sección fría de la cámara y ajuste las condiciones de ambiente estándar. Espere 15 min
5	Ajuste la temperatura según se el caso identificado en el paso 3, con una rata de ascenso de 3°C/min. El tiempo de exposición del espécimen a esta condición es dependiendo del tiempo promedio de operación del componente.
6	Ajuste la temperatura de la cámara, con el fin de estabilizar la temperatura del espécimen durante un (01) minuto
7	Transfiera el espécimen en menos de un (01) minuto a la sección caliente de la cámara. El periodo de duración depende del tiempo promedio de operación del componente
8	Ajuste la temperatura de la cámara, con el fin de estabilizar la temperatura del espécimen durante un (01) minuto. Transfiera el espécimen en menos de un (01) minuto a la sección fría de la cámara
9	Repita los pasos del 5 al 8 por lo menos tres (03) veces. (tres ciclos)
10	Al finalizar los tres ciclos, establezca la temperatura del espécimen por diez (10) minutos.
11	Retire el espécimen de la cámara y realice una inspección física, así como una prueba funcional. Registre lo observado
12	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

NOTA: Tenga en cuenta el diagrama de representación de la prueba de choque térmico del anexo H

8.5.6. VIBRACION

PASO	DESCRIPCION
1	Realice una inspección física y prueba funcional del espécimen antes de iniciar la prueba
2	Instale el espécimen, de tal manera que simule la posición en la cual se ubica dentro de la aeronave. Seleccione el eje
3	Instale suficientes transductores (sensores) cerca del espécimen, montaje y el excitador. A fin de verificar los niveles de vibración del espécimen.
4	Realice una inspección física al montaje, verifique que todo funcione de manera correcta, que los accesorios estén correctamente conectados
5	Aplice una frecuencia de 5Hz al espécimen, aumente proporcionalmente la frecuencia hasta llegar a los 25 Hz
6	Mantenga el espécimen bajo esta condición durante el tiempo promedio de operación
7	Durante la prueba, realice una inspección física al espécimen. Registre lo observado.
8	Al terminar la prueba, realice una inspección física al espécimen y una prueba funcional
9	Durante la inspección física verifique que el espécimen no tenga daños estructurales. Registre lo observado.
10	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

8.5.7. BAJA PRESION

PASO	DESCRIPCION
1	Realice las respectivas verificaciones de seguridad a la cámara, antes de iniciar el ensayo
2	Realice una inspección física y prueba funcional al espécimen. Registre lo evidenciado
3	Introduzca el componente a la cámara y ajuste una presión 8.3 PSI (57.2 KPa). Esta presión corresponde a 15000 ft de altitud Nota: En caso de que el espécimen opere en otra altitud, ajuste la presión según corresponda
4	Mantenga esta condición por un tiempo mínimo de una (01) hora.
5	Al terminar la prueba realice una inspección visual y prueba funcional al espécimen. Registre lo evidenciado
6	Compare el estado físico del espécimen antes de iniciar el ensayo y posterior al ensayo. Determine con base a las inspecciones físicas y a la prueba funcional, si el espécimen cumple con los parámetros exigidos en la prueba.

8.6. INSTRUMENTACION

En este apartado se relacionan la instrumentación requerida para la ejecución del ensayo (características del equipo). Así mismo, si se requiere de instrumentación adicional (sensores, soportes, etc.)

8.7. MEDICIONES E INSPECCIONES

En este apartado se relacionan los puntos de medida que se tendrán en cuenta al inicio, durante y final del ensayo. En donde se registra todo lo observado en la ejecución del ensayo, así como el comportamiento del espécimen al momento de ejecutar las pruebas funcionales.

Se debe tener en cuenta que para la validación del ensayo

8.8. ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se da un veredicto por parte de la autoridad con base a los registros de las pruebas ejecutadas, estableciendo si los ensayos ejecutados son aceptados y aprobados.

9. MATRIZ DE CERTIFICACION

La matriz de certificación es un documento en donde se plasman los requisitos con los respectivos medios de cumplimiento y las evidencias necesarias para dar cumplimiento a los requisitos establecidos, según la base de certificación.

En la matriz de certificación se enlistan todos los ítems de la base de certificación, que el fabricante del componente debe cumplir. Al lado de cada requisito se propone un método de cumplimiento, el cual permite satisfacer lo requerido. Así mismo la matriz de certificación es el documento guía, que servirá para que el jefe de programa tenga un panorama amplio de los procesos de cumplimiento de requisitos.

Para la respectiva evaluación de todo el proceso de certificación se requiere de toda la información técnica que se relacione en el plan de certificación y de aquella que se considere por el especialista de certificación.

6. BASES DE CALIFICACIÓN / CERTIFICACIÓN												
Norma	Nombre	Sub-Parte	I.D.	Enmienda	Nombre	Descripción del Requisito	Guía Aplicable	MoC	EVIDENCIA	ACEPTACIÓN		
										SI	NO	Observaciones
		3. Requirements	3.a		Functionality	This TSD's standards apply to equipment for aircraft intended to either: (1) Generate electrical direct current and regulate associated voltage; or TSO-C56b 06/01/06 (2) Provide starting power to an engine, generate electrical direct current, and regulate the associated voltage.						
			3.b		Environmental Qualification	Test the equipment according to RTCA, Inc. document RTCA/DO-160E, Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment, dated December 3, 2004 or the most current revision. Articles intended for use in small airplanes or normal category rotorcraft must be tested either: (1) According to the RTCA document; or (2) According to the RTCA document, but articles need not meet those requirements for emission of undesired radio frequency (RF) noise. <small>If the article includes complex electronic functions</small>	RTCA / DO-160E	4	PPT-T30-2018-056 TCD-T30-2018-054 RFT-T30-2018-038 ER-T30-2018-070			

Imagen.4 Modelo de matriz de certificación¹⁷

¹⁷ Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa, Manual de la Sección, ED.1, 2010

10.MEDIOS DE CUMPLIMIENTO

A continuación, se muestra la referencia de los medios de cumplimiento (MoC) planteados para dar satisfacción a cada requisito plasmado en la matriz de certificación.

CÓDIGO	MEDIO DE CUMPLIMIENTO (MOC)
MC-0	Declaración de Cumplimiento
MC-1	Diseño
MC-2	Cálculos y Análisis
MC-3	Evaluación de Seguridad
MC-4	Ensayos de Laboratorio
MC-5	Ensayos en Tierra
MC-6	Inspección
MC-7	Simulación
MC-8	Calificación de componentes
MC-9	Ensayos en Vuelo
MC-10	Manuales

Tabla.4 Medios de Cumplimiento

11. PLAN DE ENSAYOS

Los ensayos Aeronáuticos permiten la simulación de condiciones de operación bajo las cuales puede someterse el componente durante su tiempo de servicio, estos ensayos son ejecutados con el fin de verificar la integridad del componente aeronáutico, así como una evaluación de aeronavegabilidad (seguro en vuelo). En este caso específico, los procedimientos desarrollados permiten la simulación de condiciones de alta y baja temperatura, baja presión, choque térmico y vibración, los cuales son aplicables a el medio de cumplimiento (MoC) 4.

El plan de ensayos contiene la respectiva información del test card, en donde se establece el paso a paso técnico a ejecutar durante el ensayo, así como un apartado del nivel de materia prima estipulado mediante pruebas en laboratorio.

Así mismo dentro del mismo plan de ensayos se establece un apartado en donde se realiza una recolección de los datos y resultados obtenidos para cada prueba. Estos datos recolectados deben estar diligenciados de forma clara en el formato establecido por el fabricante del componente en mutuo acuerdo con la Autoridad Aeronáutica

11.1. REQUERIMIENTO DE ENSAYO

El requerimiento de ensayo es un documento formal que permite describir en primera instancia las especificaciones del ensayo. En donde cuenta con los siguientes elementos:

- Introducción
- Objetivo
- Definiciones y abreviaturas
- Documentos de referencia
- Justificación
- Alcance
- Responsables
- Descripción del Espécimen
- Condiciones ambientales
- Cargas aplicadas en el banco
- Desarrollo
- Puntos de medida
- Dispositivos de medida
- Instalaciones del ensayo

12.CONCLUSIONES

Con base al resultado obtenido de los procedimientos de ensayos ambientales para componentes aeronáuticos clase II y III, se evidencia que dichos procedimientos son fundamentales dentro del proceso de Calificación y Certificación de un componente aeronáutico. Teniendo en cuenta que dichos procedimientos permiten evaluar de manera detallada el comportamiento de un componente, antes de ser instalado en la aeronave.

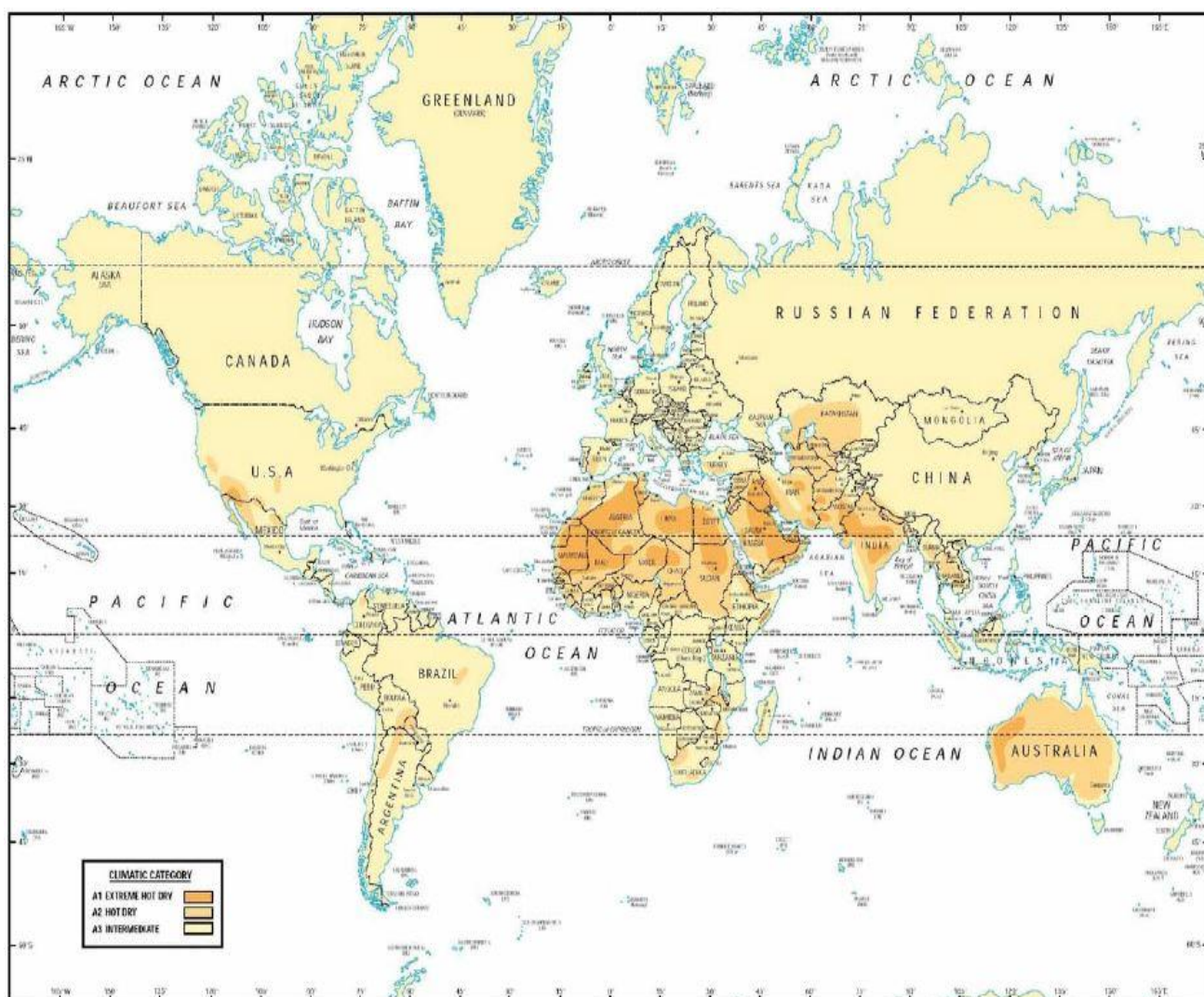
Para el desarrollo de los procedimientos se tuvieron en cuenta las capacidades con las que cuenta la Fuerza Aérea Colombiana, en cuanto a equipos e instalaciones ubicadas en CAMAN (Comando Aéreo de Mantenimiento), siendo así, el planteamiento de procedimientos para ensayos de alta y baja temperatura, choque térmico, baja presión y vibración.

En el desarrollo de los procedimientos de los ensayos, se lograron determinar las magnitudes de las variables fundamentales que pueden llegar a deteriorar continuamente el componente, tales como: el tiempo, temperatura, humedad y frecuencia. Dichas variables se lograron estandarizar con parámetros que se establecían dentro de la norma MIL-STD-810G, y así poder generalizar los procedimientos para diferentes tipos de componentes aeronáuticos.

Dentro de la elaboración de los procedimientos de ensayo, se cumplió con el objetivo de establecer la documentación necesaria para la ejecución de un plan de ensayos ambientales, en donde se pudo verificar, que todo proceso de certificación de componentes aeronáuticos debe contar con una matriz de certificación en la cual se debe plasmar los requisitos que se estipulen en acuerdo entre el cliente y la autoridad, así mismo para cada requisito debe existir un Medio de Cumplimiento que permita demostrar el cumplimiento a lo requerido. En este caso, la aplicación de los procedimientos se establecerá para el MoC 4, cuando sea requerido en pruebas de alta y baja temperatura, choque térmico, baja presión y vibración. Del mismo modo, a partir de la selección de MoC's y estipulación de ensayos, se debe realizar un Plan de Ensayos general que permita visualizar el estado de cada ensayo y las evidencias que se obtuvieron al momento de ejecutar los ensayos. Del mismo modo se determino que para el inicio de cada ensayo, es necesario realizar una solicitud o un requerimiento de ensayo, en donde se plasme las intenciones iniciales de la ejecución del ensayo y la descripción del espécimen. Posterior a ello se establece el test card que será usada para dicha ejecución.

Las pautas otorgadas a estos procedimientos de ensayo han sido el fruto de una investigación y recopilación de estándares normativos reconocidos que también establecen unos parámetros esenciales para la ejecución de ensayos ambientales, a fin de generar veracidad a la AAAE en la inclusión y ejecución de los procedimientos de ensayo.

ANEXO.A: AREAS DE OCURRENCIA CLIMATICA CATEGORIA A1, A2 Y A3



ANEXO B: TABLAS DE CICLO RANGOS DE CICLO DE TEMPERATURA

TIPO	LOCACIÓN	TEMPERATURA DEL AIRE		INDUCIDO	
		°C	°F	°C	°F
Básico caliente (A2)	Muchas partes del mundo, Sudoeste de los estados unidos, el noroeste de México, el centro y el Oeste de Australia, el África sahariana, el sur de España, el suroeste y el sur de Asia central	30-43	86-110	30-63	86-145
Secado en caliente (A1)	Sudoeste y sur de Asia central, suroeste de Estados Unidos, África del Sahara, centro y oeste de Australia y noroeste de México	32-49	90-120	33-71	91-120

ANEXO C: ALTA TEMPERATURA CATEGORIA A2

HORA DEL DÍA	CONDICIONES DEL AMBIENTE DEL AIRE			INDUCIDO		
	Temperatura		Humedad %RH	Temperatura		Humedad %RH
	°C	°F		°C	°F	
0100	33	91	36	33	91	36
0200	32	90	38	32	90	38
0300	32	90	41	32	90	41
0400	31	88	44	31	88	44
0500	30	86	44	30	86	44
0600	30	86	44	31	88	43
0700	31	88	41	34	93	32
0800	34	93	34	38	101	30
0900	37	99	29	42	107	23
1000	39	102	24	45	113	17
1100	41	106	21	51	124	14
1200	42	107	18	57	134	8
1300	43	109	16	61	142	6
1400	43	110	15	63	145	6
1500	43	110	14	63	145	5
1600	43	110	14	62	144	6
1700	43	109	14	60	140	6
1800	42	107	15	57	134	6
1900	40	104	17	50	122	10
2000	38	100	20	44	111	14
2100	36	97	22	38	101	19
2200	35	95	25	35	95	25
2300	34	93	28	34	93	28
2400	33	91	33	33	91	33

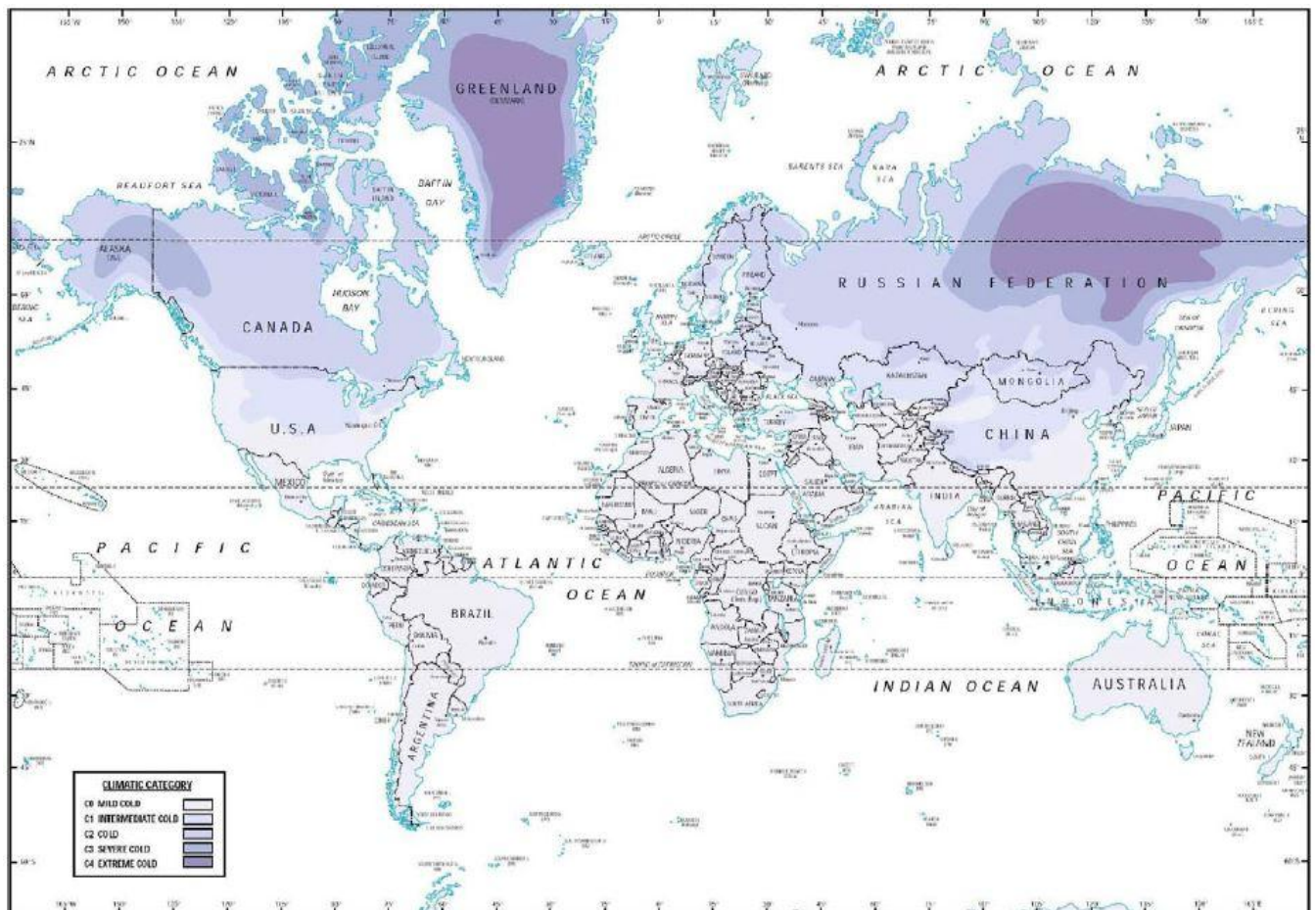
ANEXO D: ALTA TEMPERATURA CATEGORIA A1

HORA DEL DÍA	CONDICIONES DEL AMBIENTE DEL AIRE			INDUCIDO		
	Temperatura		Humedad %RH	Temperatura		Humedad %RH
	°C	°F		°C	°F	
0100	35	95	6	35	95	6
0200	34	94	7	34	94	7
0300	34	93	7	34	94	7
0400	33	92	8	33	92	7
0500	33	91	8	33	92	7
0600	32	90	8	33	91	7
0700	33	91	8	36	97	5
0800	35	95	6	40	104	4
0900	38	101	6	44	111	4
1000	41	106	5	51	124	3
1100	43	110	4	56	133	2
1200	44	112	4	63	145	2
1300	47	116	3	69	156	1
1400	48	118	3	70	158	1
1500	48	120	3	71	160	1
1600	49	119	3	70	158	1
1700	48	118	3	67	153	1
1800	48	114	3	63	145	2
1900	46	108	3	55	131	2
2000	42	105	4	48	118	3
2100	41	102	5	41	105	5
2200	39	100	6	39	103	6
2300	38	98	6	37	99	6
2400	37	98	6	35	95	6

ANEXO E: RESUMEN CICLOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACION SOLAR

Climatic Design Type	Daily Cycle ¹	Operational Conditions				Storage and Transit Conditions		
		Ambient Air Temperature ² °C (°F)		Solar Radiation W/m ² (Bph ³)	Ambient Relative Humidity %RH ⁴	Induced Air Temperature °C (°F)		Induced Relative Humidity %RH
		Daily Low	Daily High			Daily Low	Daily High	
Hot	Hot Dry (A1)	32 (90)	49 (120)	0 to 1120 (0 to 355)	8 to 3	33 (91)	71 (160)	7 to 1
	Hot Humid (B3)	31 (88)	41 (105)	0 to 1080 (0 to 343)	88 to 59	33 (91)	71 (160)	80 to 14
Basic	Constant High Humidity (B1)	Nearly Constant 24 (75)		Negligible	95 to 100	Nearly Constant 27 (80)		95 to 100
	Variable High Humidity (B2)	26 (78)	35 (95)	0 to 970 (0 to 307)	100 to 74	30 (86)	63 (145)	75 to 19
	Basic Hot (A2)	30 (86)	43 (110)	0 to 1120 (0 to 355)	44 to 14	30 (86)	63 (145)	44 to 5
	Intermediate ⁶ (A3)	28 (82)	39 (102)	0 to 1020 (0 to 323)	78 to 43	28 (82)	58 (136)	See note ⁵
	Basic Cold (C1)	-32 (-25)	-21 (-5)	Negligible	Tending toward saturation	-33 (-28)	-25 (-13)	Tending toward saturation
Cold	Cold (C2)	-46 (-50)	-37 (-35)	Negligible	Tending toward saturation	-46 (-50)	-37 (-35)	Tending toward saturation
Severe Cold	Severe Cold (C3)	-51 (-60)		Negligible	Tending toward saturation	-51 (-60)		Tending toward saturation

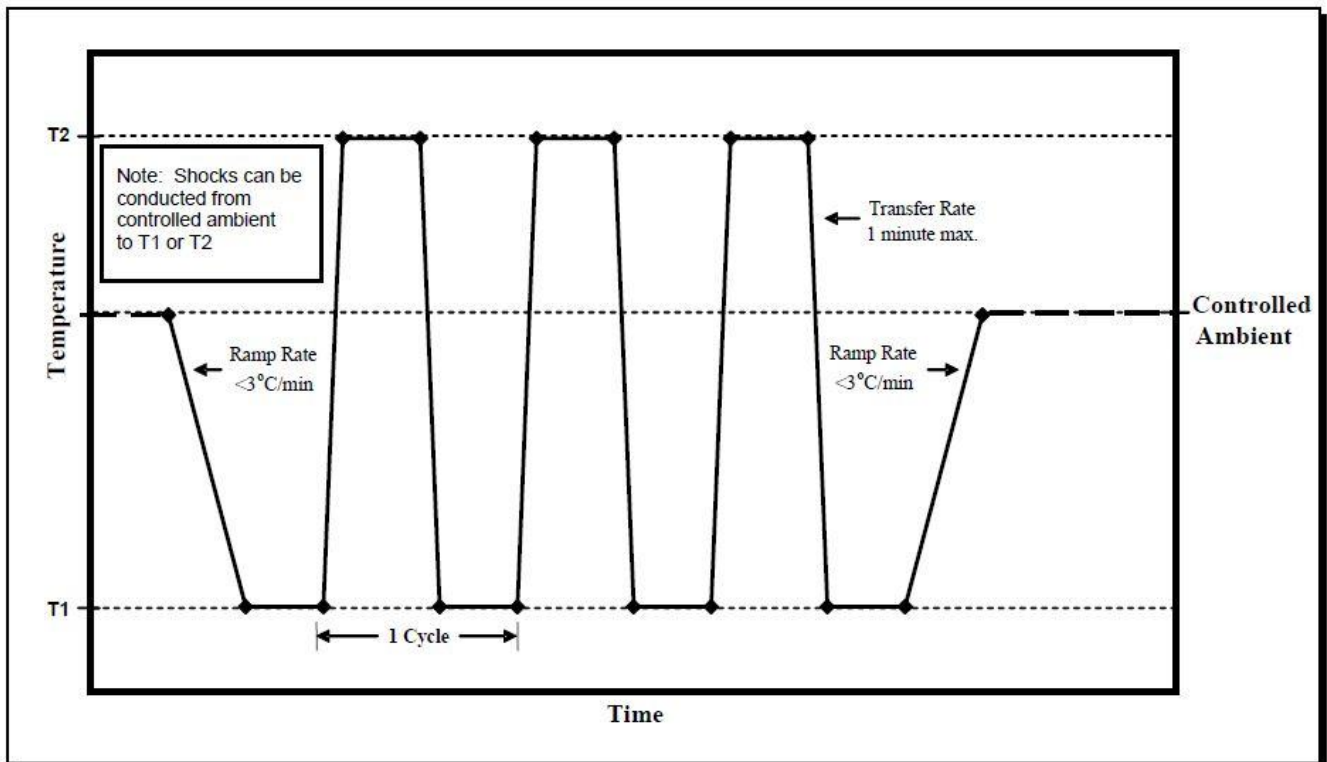
ANEXO F: AREAS DE OCURRENCIA CLIMATICA CATEGORIA C1, C2 Y C3



ANEXO G: RESUMEN DE RANGOS Y CICLOS PARA BAJA TEMPERATURA

TIPO	LOCACIÓN	TEMPERATURA DEL AIRE		INDUCIDO	
		°C	°F	°C	°F
Básico frío(C1)	La mayor parte de Europa; Norte de los Estados Unidos; Canadá costero; Costas de latitud alta (por ejemplo, costa sur de Alaska); Elevaciones altas en latitudes más bajas	-21 a -31	-6 a -24	-25 a -33	-13 a -27
Frio (C2)	Canada, Alaska (Excluyendo el interior); Groenlandina (Excluyendo el "polo frío");Escandinavia del norte; Asia septentrional (algunas zonas), (hemisferios norte y sur); Alpes; Himalaya; Andes	-37 a -46	-35 a -51	-37 a -46	-35 a -51
Frio severo (C3)	Interior de Alaska; Yukon (canada); Interior de las islas del norte; Capa de hielo de Groenlandia; Norte de Asia	-51	-60	-51	-60

ANEXO H: ESQUEMA PRUEBA DE CHOQUE TERMICO



13. BIBLIOGRAFIA

- [1] RTCA DO-160 «ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND TEST PROCEDURES FOR AIRBORNE EQUIPMENT», Radio Technical Commission For Aeronautics, December 9, 2004
- [2] MIL-STD-810G « ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TEST», Department Of Defense Test Method Standard. 31 October 2008
- [3] AECTP 300 (Edition 3) « CLIMATIC ENVIRONMENTAL TESTS» Allied Environmental Conditions And Test Publicatios 18 May 2006
- [4] SECAD, «FUERZA AÉREA COLOMBIANA,» Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa - SECAD, BOGOTA, 2014.
- [5] M. G. M. Bayardo, Introducción a la metodología de la investigación educativa, Progreso 127 páginas, 1/01/1987.
- [6] D. O. D. U. S. O. America, «MIL-STD-810G.pdf,» 31 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://snebulos.mit.edu/projects/reference/MIL-STD/MIL-STD-810G.pdf>. [Último acceso: 28 Febrero 2018].